

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

“Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto”

Curso 2019/2020

Alumno/a:

Juan José Robles López

Director/es:

Manuel Ángel Aguilar Torres
Óscar González-Yebra



TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



**Rediseño de una carretilla agrícola a
partir de herramientas de desarrollo de
producto**

Autor

Juan José Robles López

Director

Manuel Ángel Aguilar Torres

Director

Óscar González-Yebra

*Dedico este Trabajo Fin de
Grado a mi familia, a D.
Manuel Ángel Aguilar y a D.
Óscar González. Gracias a su
bendita paciencia para que
esto llegase a buen puerto.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| 1. INTERÉS Y OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.1. Introducción | 4 |
| 1.1.1. Un esbozo de la agricultura almeriense | 4 |
| 1.1.2. Interés | 6 |
| 1.2. Objetivos | 7 |
| 2. FASES DE REALIZACIÓN DEL TFG Y CRONOGRAMA | 8 |
| 2.1. Diagrama de flujo de la resolución del trabajo | 8 |
| 2.2. Cronograma temporal..... | 10 |
| 3. INTEGRACIÓN DE LAS COMPETENCIAS ADQUIRIDAS..... | 11 |
| 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 13 |
| 4.1. Aproximación al Diseño Industrial..... | 13 |
| 4.2. Fundamentos de la Metodología de Análisis del Valor..... | 15 |
| 4.3. Herramientas CAD-CAE..... | 16 |
| 4.3.1. SolidWorks..... | 17 |
| 5. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 19 |
| 5.1. Introducción | 19 |
| 5.1.1. Metodología de Análisis del Valor | 19 |
| 5.1.1.1. ¿Por qué la metodología de análisis del valor? | 19 |
| 5.1.1.2. Estrategia de aplicación de la metodología de análisis del valor en el presente trabajo técnico..... | 20 |
| 5.1.2. Herramientas CAD-CAE de uso en el trabajo técnico | 20 |
| 5.2. Aplicación de la Metodología de Análisis del Valor | 21 |
| 5.2.1. Preparación y orientación | 21 |
| 5.2.1.1. Antecedentes..... | 21 |
| 5.2.1.2. Estado de la técnica..... | 22 |
| 5.2.1.2.1. Repaso del mercado internacional | 22 |
| 5.2.1.2.2. Situación de España en el mercado global | 26 |
| 5.2.1.3. Alcance del proyecto | 28 |
| 5.2.1.4. Limitaciones propias del diseño | 28 |
| 5.2.1.5. Normativa aplicable..... | 29 |
| 5.2.1.6. Reivindicaciones de la propiedad industrial | 30 |
| 5.2.2. Información | 31 |
| 5.2.2.1. Preparación del estudio de mercado | 31 |
| 5.2.2.2. Puesta en marcha del estudio de mercado | 32 |
| 5.2.3. Análisis funcional y de costes | 34 |
| 5.2.3.1. Identificación, caracterización y evaluación de funciones | 34 |
| 5.2.3.1.1. Introducción..... | 34 |

| | | |
|--------------------|--|------------|
| 5.2.3.1.2. | Identificación de funciones: el proceso | 34 |
| 5.2.3.1.3. | Listado de funciones relativas a la carretilla agrícola objeto de este estudio | 37 |
| 5.2.3.2. | Estimación de costes | 39 |
| 5.2.3.3. | Índices de valor | 39 |
| 5.2.3.3.1. | Lista de necesidades | 40 |
| 5.2.3.3.2. | Sistema de evaluación de las necesidades | 40 |
| 5.2.3.3.3. | Matriz necesidades-funciones | 45 |
| 5.2.3.3.4. | Matriz funciones-componentes | 49 |
| 5.2.3.3.5. | Cálculo de los índices de valor | 53 |
| 5.2.4. | Innovación y creatividad | 55 |
| 5.2.4.1. | Generación de ideas | 55 |
| 5.2.4.2. | Restricciones a tener en cuenta | 57 |
| 6. | RESULTADO Y DISCUSIÓN | 59 |
| 6.1. | Resultados y conclusiones del estudio de mercado..... | 59 |
| 6.1.1. | Caracterización de la muestra..... | 59 |
| 6.1.2. | Relación con el producto | 59 |
| 6.1.3. | Satisfacción con el producto | 60 |
| 6.1.4. | Tanteo de oportunidades | 61 |
| 6.1.5. | Evaluación del prototipo | 63 |
| 6.1.6. | Conclusiones del estudio | 64 |
| 6.2. | Construcción de las alternativas de diseño | 65 |
| 6.2.1. | Evaluación de alternativas | 70 |
| 6.2.1.1. | Evaluación de los prototipos y selección definitiva | 70 |
| 6.3. | Introducción al análisis técnico-mecánico de la solución definitiva..... | 73 |
| 6.4. | Despiece alternativa finalista..... | 73 |
| 6.5. | Simulación mediante herramientas CAD-CAM..... | 92 |
| 6.5.1. | Análisis singular plataforma base | 93 |
| 6.5.2. | Análisis singular estructura plataforma | 98 |
| 6.5.3. | Análisis plataforma..... | 105 |
| 6.5.4. | Análisis singular cesto | 112 |
| 6.5.5. | Análisis singular asa fija | 114 |
| 6.5.6. | Análisis singular eje..... | 117 |
| 6.5.7. | Análisis parte fija..... | 120 |
| 6.5.8. | Análisis singular timón | 122 |
| 6.5.9. | Análisis singular caña del timón | 125 |
| 6.5.10. | Análisis singular anclaje y potencia..... | 128 |
| 6.5.11. | Análisis singular horquilla y eje | 132 |
| 6.5.12. | Análisis ensamblaje completo (carretilla agrícola rediseñada) | 133 |
| 6.6. | Selección de materiales | 136 |
| 6.7. | Presupuesto | 138 |
| 7. | CONCLUSIONES | 140 |
| 8. | BIBLIOGRAFÍA | 143 |
| ANEXOS..... | | 145 |

| | |
|---|-----|
| Anexo I. Tabla de figuras | 145 |
| Anexo II. Análisis estadístico del estudio de mercado..... | 150 |
| Anexo III. Evaluación de la importancia relativa de las necesidades identificadas | 163 |
| Anexo IV. Selección de materiales..... | 168 |
| Anexo V. Presupuesto | 176 |
| Anexo VI. Planos | 179 |
| Anexo VII, Modelo de solicitud de registro de Diseño Industrial | 179 |

1. INTERÉS Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

El avance tecnológico que han experimentado las explotaciones agrícolas durante las últimas décadas ha contribuido a una mejora sustancial respecto a la producción. La investigación y el desarrollo que se han llevado a cabo en torno al campo han provisto de nuevas y más eficientes soluciones a todos los niveles; genética, biológica o infraestructuras, el panorama actual da acceso al agricultor a dotar de una mayor calidad al producto que cultiva, a la vez que le permite un uso más eficaz de los recursos empleados.

La mayoría de las mejoras se enfocan en el desarrollo sostenible: es por ello por lo que paulatinamente se reduce el uso de productos fitosanitarios (que generan residuos nocivos para el medio ambiente) gracias a semillas genéticamente más resistentes, o al control biológico de plagas mediante colonias de insectos depredadores.

Relativo a la implementación y el desarrollo tecnológico en las fincas, conviene hablar de aquellas características que permiten al agricultor minimizar el efecto de aquellos parámetros que no pueden ser controlados (gradientes de temperatura, ausencia de sol, viento), así como reducir el esfuerzo y las horas de trabajo, esto es, sistemas que permiten automatizar el riego (ya sea por horas o nivel de humedad en el terreno), la apertura de ventanas o la temperatura dentro de la nave agrícola.

El presente TFG se ha desarrollado en el marco de la línea temática *"Rediseño de maquinaria agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto"*, cuyo propósito general es avanzar en la implementación de metodologías de diseño industrial combinadas con herramientas CAD/CAE en el sector agroalimentario, dado que hasta donde tenemos conocimiento es un ámbito donde la presencia de la componente "Diseño" como línea estratégica y factor de innovación, es prácticamente inexistente (González-Yebra, et al., 2019a; González-Yebra, et al., 2019b).

1.1.1. Un esbozo de la agricultura almeriense

Según un estudio llevado a cabo en Países Bajos (van Rijswijk, 2018), España se situaría a la cabeza del *ranking* europeo de hectáreas bajo plástico, siendo superado a nivel mundial únicamente por la República Popular de China. El estudio aproxima una superficie de 82000 hectáreas de invernadero en el gigante asiático, por las 70000 que se estiman en España (Figura 1); si bien huelga decir que la tendencia de crecimiento es superior en el caso de China. Otro aspecto relevante del estudio es la caracterización que se realiza del material empleado para invernarse la superficie, que pone en conocimiento del lector que, a nivel global, el número de hectáreas de plástico (aproximadamente 460000 ha) es muy superior al de hectáreas de cristal (40000 ha), siendo este último material utilizado en los países con un clima más frío, véase Polonia, Países Bajos o Canadá, ya que este tipo de invernaderos se caracterizan por una mayor transmisividad de la radiación solar (lo cual repercute en un mayor incremento de la temperatura durante las horas de sol) y una menor superficie de ventilación (Magán, et al., 2007), en un ademán de suplir la carencia de horas de sol; una casuística que no se da en países más cercanos al Ecuador, como Marruecos, Turquía o España, donde el porcentaje de hectáreas invernadas con plástico supera el 90%.

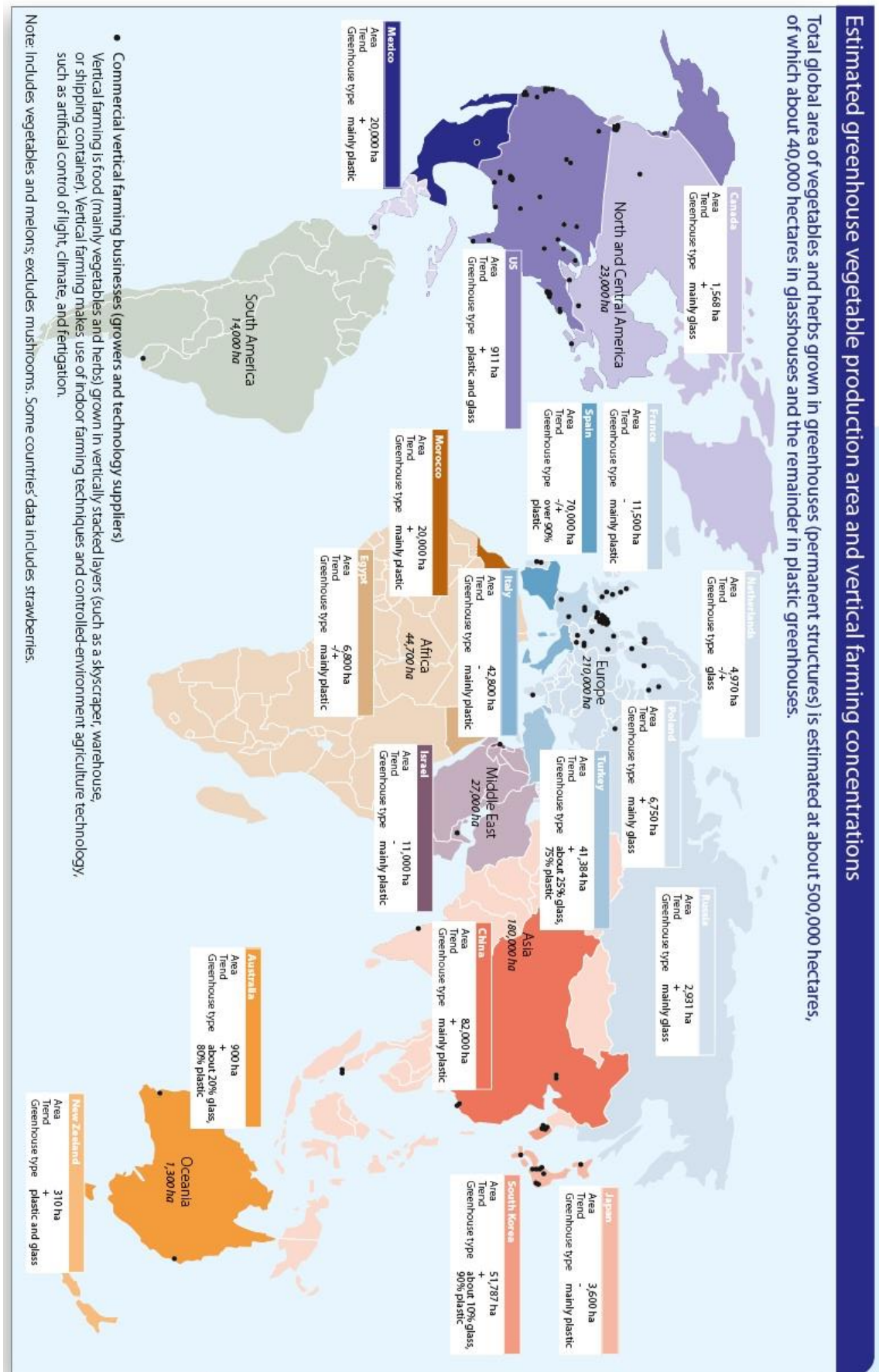


Figura 1: Distribución mundial de hectáreas de cultivo en invernadero (van Rijswijk, 2018)

Afinando un poco más la ubicación geográfica, se puede afirmar que un 50% de ese suelo invernado (concretamente 35489 hectáreas) perteneciente a España se halla en la zona de Andalucía oriental, como indica el estudio cartográfico anual de la Junta de Andalucía (Secretaría General de Agricultura y Alimentación, 2018). El mismo estudio refleja que en Almería se pueden encontrar hasta el 87.4% de los invernaderos de dicha región, convirtiendo a la provincia en, probablemente, la zona con mayor concentración de cultivo protegido bajo plástico del planeta.

Por ello no es de extrañar la relevancia de la agricultura para la economía almeriense, encontrando el mejor indicativo en el peso relativo que tiene dentro del total de exportaciones de la provincia: de los 3394 millones de euros que ingresa Almería por sus exportaciones, la agricultura alcanza una cifra de 2520 millones (IDEAL, 2019) rozando las tres cuartas partes de los ingresos percibidos por la provincia como concepto de ventas al extranjero.

Una vez determinada la agricultura (en concreto la que se desarrolla bajo plástico) como fuente principal de ingresos y motor económico de la provincia, cabe preguntarse cómo es posible que el nivel de tecnificación presente sea menor que en otras regiones de Europa y el resto del mundo. Esta cuestión presenta dos respuestas principales: 1. Un clima eminentemente soleado, con inviernos templados (haciendo que recursos como la calefacción o las estructuras de cristal sean de menor impacto que en países con temperatura más variable), y 2. La pérdida paulatina de rentabilidad debido al decremento de los precios que recibe el agricultor por su producto, algo que invita a producir ajustando la inversión en la finca.

1.1.2. Interés

Hasta ahora se ha podido comprobar numéricamente la importancia de la agricultura en la región de Almería, pero se ha quedado apartada una cuestión de la que se habló en el primer punto: ¿qué genera a su alrededor?

Para dar soporte a la producción agrícola se precisa igualmente de una industria auxiliar a la altura; de hecho, el volumen de negocio de las empresas que prestan servicios a los agricultores se aproxima cada vez más al volumen que se ingresa por las exportaciones: en 2016, la facturación de la industria auxiliar a la agricultura fue de 1800 millones de euros por los 2500 de la comercialización, si bien se espera que para 2025 ambas cifras se equiparen (IDEAL, 2018). Como se comentó y justificó con anterioridad, es posible observar que el nivel de tecnificación (y, por ende, el nivel de la industria auxiliar) existente en la agricultura almeriense era bajo en comparación a países con un poder adquisitivo similar. ¿Pero requieren todas las mejoras que puede ofrecer la industria auxiliar ese gran desembolso que muchos propietarios temen? Poniendo el foco sobre la herramienta accesoria que ocupa este trabajo técnico, la carretilla de recolección, se podría decir que no.

Tras realizar un estudio acerca de la oferta existente para este tipo de maquinaria agrícola en diferentes mercados (que aparecerá en la segunda sección de este trabajo -punto 2, “Repaso del mercado internacional”-), queda a la vista que los modelos de carretillas que hay a la venta en la región del sureste español difieren tanto en diseño como en funcionalidades de los que fabrican en Países Bajos, Turquía o Nueva Zelanda. Se podría concluir que existen hasta 2 motivos que provocan estas diferencias: el hecho de que el diseño que presentan algunas carretillas esté orientado a diferentes tipologías de finca, centrándose gran parte de la oferta en carretillas adaptadas a trabajar sobre raíles de calefacción (1), y el hecho de que la industria que se dedica a la fabricación de carretillas

esté conformada por empresas locales que operan a pequeña escala, que optan por simplificar el diseño y abaratar costes de producción (2).

Esta reducción simplista del mercado e industria de la carretilla de uso agrícola deja entrever que, haciendo una investigación pertinente de la otra parte de la ecuación (el cliente que la va a usar), es posible hallar puntos de mejora y optimización en los modelos que se ofertan en la región de Almería, pudiendo aumentar el valor del producto ofertado a la vez que el precio sigue manteniéndose competitivo.

1.2. Objetivos

Una vez ofrecidos un esbozo general de la agricultura que permite poner en contexto el trabajo a desarrollar, así como el interés que ha propiciado la elección del tema y producto a tratar en el mismo, es hora de establecer una serie de objetivos a cumplimentar cuando se complete el mismo.

El objetivo principal de este proyecto será la optimización del diseño de una carretilla agrícola a partir de los modelos ya existentes en el mercado.

Para ello se aplicará la metodología de análisis del valor (en adelante MAV); con la realización de una investigación de mercado como primer paso, que permitirá conocer tanto el grado de satisfacción con el producto ofertado actualmente como aquellas partes del producto que sean susceptibles de mejora. Esto deriva en una clasificación ponderada de las determinadas necesidades que las funciones que posee el producto deben encargarse de cubrir, clasificación que será utilizada durante el proceso de generación de ideas y alternativas para calificar y priorizar las propuestas de rediseño.

Esta técnica va a permitir que la alternativa de diseño finalmente propuesta y ejecutada tenga un valor añadido con respecto al modelo de partida, obteniendo así un producto final con un mayor atractivo y potencial de satisfacción para el usuario final.

Como epílogo del trabajo técnico, se presentará tanto una serie de planos de fabricación que describan los componentes de que consta el carro como una estimación presupuestaria de su ejecución, acompañados de una copia cumplimentada del modelo 320II de la Oficina Española de Patentes y Marcas en la que se solicita el registro como Diseño Industrial patentado.

2. FASES DE REALIZACIÓN DEL TFG Y CRONOGRAMA

2.1. Diagrama de flujo de la resolución del trabajo

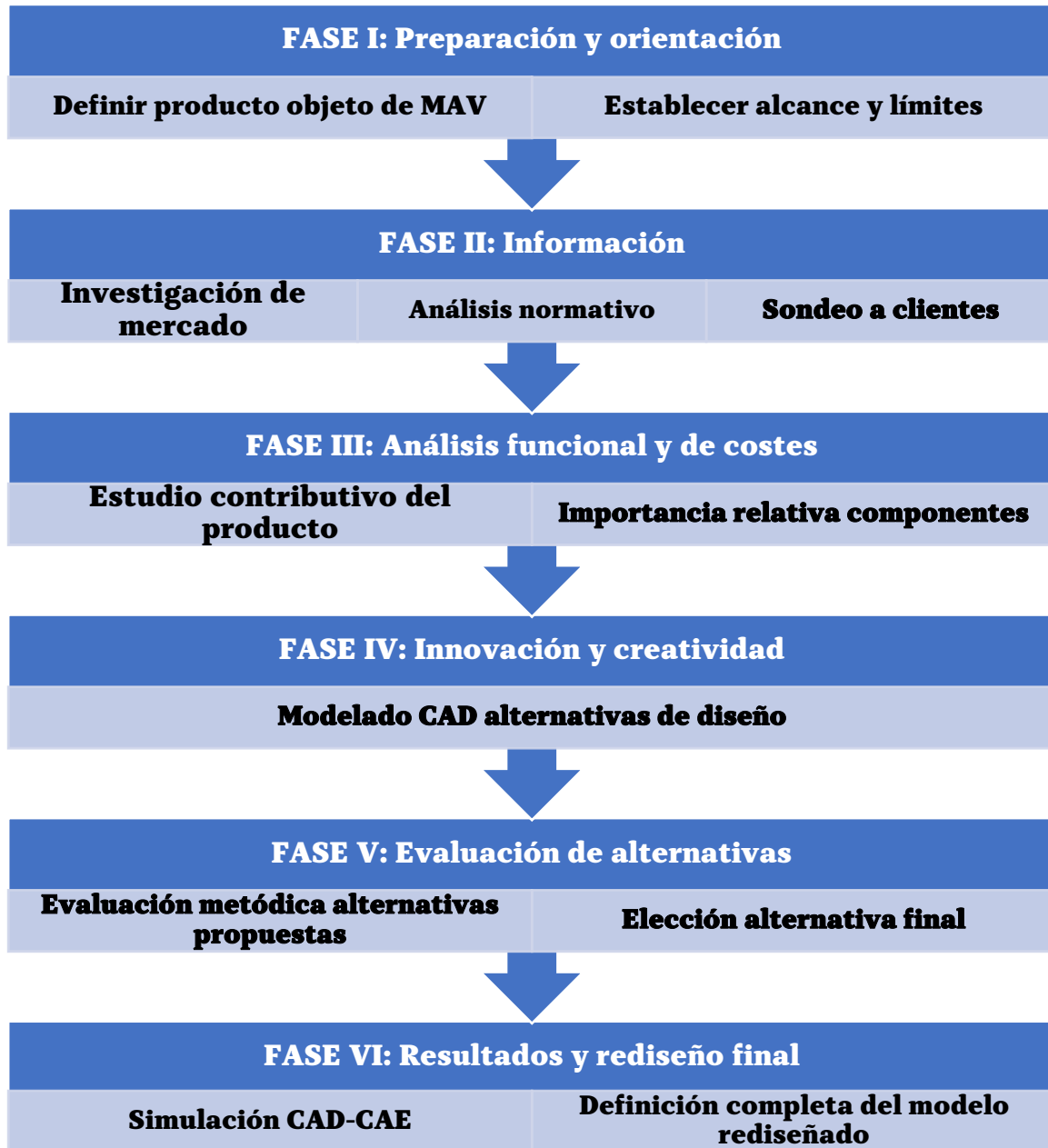


Figura 2: Diagrama de flujo - Fases de resolución del trabajo técnico

La estrategia seguida durante la elaboración de este trabajo se encuentra resumida en la Figura 2, la cual se procede a desarrollar a continuación.

Fase I: Preparación y orientación

El punto de partida del proyecto será la definición del producto que será objeto del análisis del valor; en este caso la carretilla de recolección agrícola, existiendo un interés concreto en su estudio para llevar a cabo los objetivos cuantificables de mejora. Se establecen igualmente el alcance del proyecto (mercado receptor de la carretilla, las partes

y procesos afectados en el desarrollo del trabajo) y sus límites/restricciones, ya sean los propios del diseño, los establecidos normativamente o del tiempo y medios disponibles para su ejecución

Fase 2: Información

Probablemente es la fase con mayor interés, puesto que durante la misma se van a completar las restricciones del trabajo y a estudiar su importancia relativa para el cliente. Esta se puede escindir en 3 estudios pseudoindependientes que van a concurrir en una serie de datos aplicables en fases subsiguientes del proyecto.

Para conocer el producto que se pretende revisar, es necesario realizar una investigación del mercado a niveles local y global, una recopilación de normativa aplicable al producto (así como documentos de buenas prácticas, higiene postural, etc.) y un sondeo a una muestra representativa de los potenciales clientes del producto, que ayudará a determinar el estado de la cuestión.

Estas 3 series de datos se aplicarán a la hora de identificar cuantitativamente las necesidades que debe cumplimentar la carretilla a través de sus funciones características, y el coste a asumir por cada una de esas funciones. Como resultado de este análisis resultaría una serie ponderada de las funcionalidades asociadas al producto.

Fase 3: Análisis funcional y de costes

Para este apartado se precisa realizar un análisis intuitivo del producto que evalúe la contribución de los componentes de la carretilla al desarrollo de las funciones propias de esta. Una vez determinada dicha contribución, y sabiendo el impacto económico que supone cada elemento, se puede estudiar su importancia relativa con respecto al conjunto y cómo sería posible aumentar su valor funcional (o reducir su coste económico).

Fase 4: Innovación y creatividad

Aquí entra en escena la simulación mediante el software CAD-CAE SolidWorks, herramienta que hará las funciones de banco de pruebas a la hora de chequear (análisis estáticos para verificar el cumplimiento de las solicitudes a las que se van a ver sometidas las partes de la carretilla, control de la masa, precio) e investigar (pruebas de materiales, componentes estandarizados, disminución del impacto ambiental) las diferentes alternativas que sean propuestas.

Fase 5: Evaluación de alternativas

El objetivo aquí no es otro que seleccionar aquella alternativa de diseño que cumplimente en mayor medida las funciones y el coste esperados; unas alternativas que vienen de la cuarta fase, y que serán evaluadas en función a los criterios oportunos (principalmente de tipo económico y funcional), determinando el valor total que cada alternativa presentaría en el mercado, dato que será determinante para la elección final de un prototipo concreto.

Fase 6: Resultados y rediseño final

En este trabajo, la fase de implementación y seguimiento del producto será la definición completa del mismo a nivel dimensional y de materiales, así como una estimación presupuestaria de la teórica puesta en marcha del proyecto y una valoración final del mismo acompañadas de un modelo de registro como Diseño Industrial como el que se presentaría en caso de reivindicar la autoría y originalidad del prototipo.

2.2. Cronograma temporal

La realización del siguiente trabajo técnico se ha desarrollado a lo largo de 65 semanas, de las cuales 16 no han sido hábiles. Se han invertido unas 600 horas en completar el proceso, lo cual significa que, de media, cada semana se han dedicado unas 12 horas al trabajo.

Estas horas se han aplicado en distintos ámbitos relativos al trabajo, los cuales se detallan en la Figura 3 para facilitar su identificación en el cronograma representado en la Figura 4.

| # | Ámbito de trabajo |
|----|---|
| 1 | Obtención de información preliminar y toma de decisión final |
| 2 | Estudio de información introductoria |
| 3 | Selección de herramientas y estrategia de diseño a seguir |
| 4 | Definición del producto a rediseñar y objetivos/alcance |
| 5 | Investigación estado del arte y normativa |
| 6 | Realización de un sondeo público a potenciales clientes |
| 7 | Análisis del producto y su interacción con el entorno |
| 8 | Revisión de datos y bosquejado de alternativas |
| 9 | Modelado de las alternativas con software CAD-CAE |
| 10 | Cruce de datos obtenidos a partir de la metodología y los rediseños |
| 11 | Evaluación ponderada y parcial de las alternativas |
| 12 | Modelado en detalle de la alternativa elegida |
| 13 | Justificación materiales empleados y proceso de fabricación |
| 14 | Elaboración de planos |
| 15 | Conclusiones |

Figura 3: Listado de ámbitos de trabajo desarrollados en el proyecto

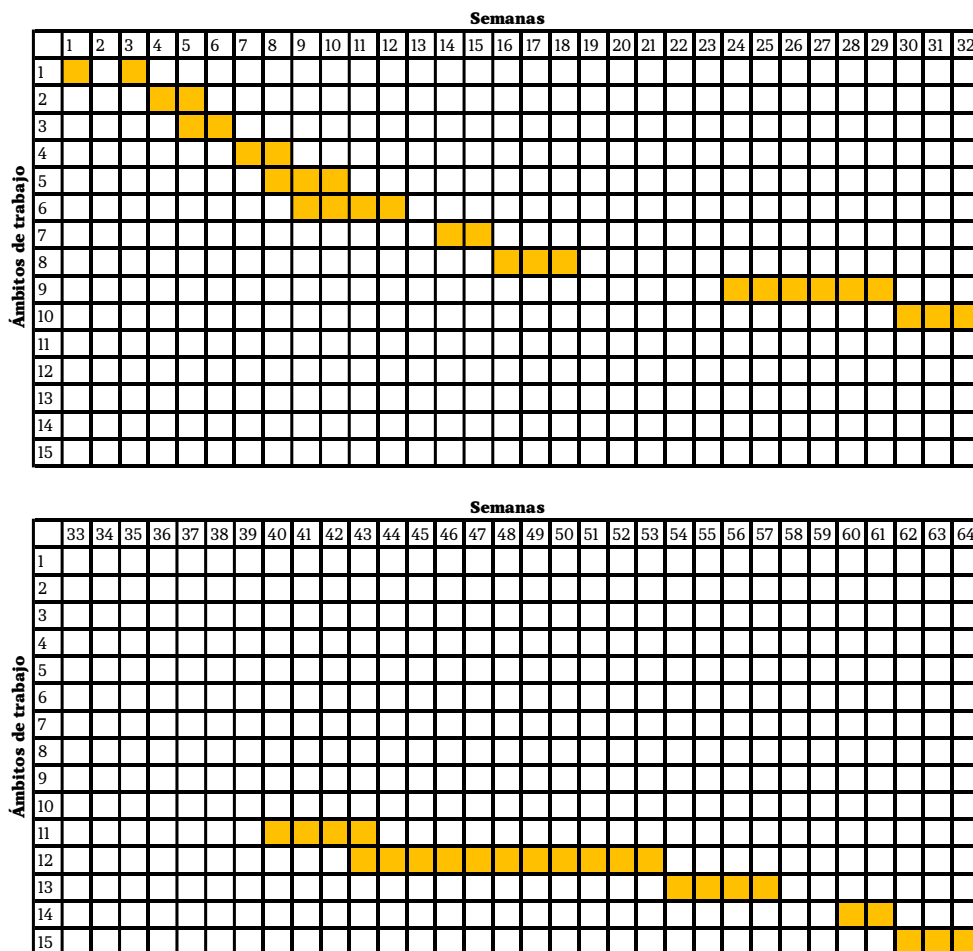


Figura 4: Cronograma de distribución temporal

3. INTEGRACIÓN DE LAS COMPETENCIAS ADQUIRIDAS

El presente Trabajo Fin de Grado se puede considerar bastante transversal en cuanto al uso de conocimientos y herramientas adquiridas durante el desarrollo de los estudios en el Grado de Ingeniería Mecánica.

La primera y más importante de las materias a citar es el Diseño Asistido por Ordenador; en cuyo plan docente se incluye la introducción a los conceptos de Diseño Industrial y Metodologías de Diseño, siendo reforzado paralelamente el contenido teórico con la formación y puesta en práctica de conceptos en el *software* empleado en este proyecto para modelar y analizar las alternativas de diseño (SolidWorks). Como cabe esperar de una asignatura del Grado en Ingeniería Mecánica, esta formación práctica está orientada a otorgar competencias al alumno en materia de diseño de partes industriales, bien sea modelando desde un plano normalizado o viceversa, partiendo del modelo tridimensional modelado en la herramienta CAD-CAE para elaborar una planimetría empleable en su postrera fabricación (como es el caso que ocupa este trabajo).

Otros de los pilares fundamentales para la elaboración del proyecto son las asignaturas de Cálculo y Diseño de Máquinas (I y II) así como Materiales Industriales; ambas asignaturas tratan, desde una visión particular de la materia en cuestión, el tema del proceso de Diseño Industrial en lo referente a fases de desarrollo, centrando la formación en sus ámbitos de aplicación: en Cálculo y Diseño de Máquinas, esta docencia se focaliza en el proceso de análisis mecánico de un elemento (eje, engranaje o banda de tensión) y el cálculo iterativo hasta hallar una solución que cumpla con las especificaciones requeridas; por parte de Materiales Industriales, partiendo de problemas singulares, se elaboran índices de rendimiento del producto (mediante la convergencia de varios parámetros variables del material) para justificar la elección de un material en un problema determinado, generalmente empleando tablas comparativas o mapas de Ashby.

Otras asignaturas que han servido como apoyo técnico al proyecto son Estadística (elaboración, tratamiento y justificación estadística de los datos obtenidos en el sondeo a clientes potenciales), Fabricación Industrial (para conocer de manera global ciertas restricciones a la hora de fabricar productos, así como tener en mente los procesos de fabricación y tratamiento de las materias primas a emplear) y Metrología y Calidad Industrial (a la hora de tener en cuenta la variable normativa en las restricciones del proyecto).

En la Figura 5 se indican las competencias propias del Grado equivalentes al uso de herramientas y conocimientos descritos anteriormente.

| Código | Competencia específica del Grado en Ingeniería Mecánica |
|--------|---|
| CT1 | Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización |
| CT3 | Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones. |
| CT4 | Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial. |
| CT6 | Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento. |
| CT7 | Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas. |
| CB1 | Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización |
| CB2 | Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería. |
| CB5 | Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador. |
| CRI3 | Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales. |
| CRI7 | Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos. |
| CRI8 | Conocimiento y utilización de los principios de la resistencia de materiales. |
| CRI9 | Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación. |
| CTEM1 | Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica. |
| CTEM2 | Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas. |
| CTEM7 | Conocimientos y capacidades para la aplicación de la ingeniería de materiales. |

Figura 5: Tabla resumen de las competencias del Grado que se han empleado durante el desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Aproximación al Diseño Industrial

Se puede comenzar a hablar del Diseño Industrial a partir de los conceptos de tipo y modelo, los cuales hablan de la normalización en la producción humana. Son palabras asociables a la industria que provienen de un contexto histórico de siglos atrás, y que se pueden asociar a creaciones de carácter arquitectónico (los órdenes de las columnas en la antigua Grecia), urbanístico (el trazado de las ciudades romanas, con presencia distintas vías) o cultural (con la aparición de los tipos de imprenta móviles en el siglo XV). El acercamiento de la ciencia a la fabricación (a través de los ingenieros) permitió reforzar esta tendencia normalizadora de la producción, que se vio fortalecida al traer consigo un uso más eficaz de los materiales al fabricar muchos productos de un tipo (Míguez, 2011).

Una vez en este punto, se antoja necesario acudir a dos franjas temporales para hablar de la fabricación de productos a gran escala: la revolución industrial del siglo XIX, en la que se comenzó a dejar de lado la manufactura para producir objetos en serie al abrigo de la máquina de vapor y la electricidad. Cabe destacar la mejora de este modelo de fabricación industrial con la introducción de la fabricación en cadena a través de Henry Ford, así como el perfeccionamiento extremo y minucioso que desarrolló Toyota con sus metodologías de producción. El tiempo y las evoluciones en los procesos de fabricación industrial alimentan la idea de que, para obtener una producción mejor y más eficiente, es necesario que hasta el más mínimo detalle esté controlado.

Una de las partes que engarza con todo el proceso de producción y control ha ido evolucionando, y con ello las herramientas y metodologías empleadas. Este es el caso del Diseño Industrial, una rama de la industria que, partiendo de la base de diseños individuales y prácticamente *ad hoc*, ha ido desarrollando y fundando una serie de bases teóricas y estrategias para aglutinar en el proceso a todos los actores y entradas que forman parte de este. Si bien el objetivo no ha cambiado (esto es, sigue siendo materializar una idea que cumpla unos objetivos determinados para un público concreto), sí que lo han hecho los caminos para desarrollarlo, como se explicará durante este breve prelude.

Para llevar a cabo un proceso de diseño industrial, es necesario trazar un plan que otorgue robustez al mismo; esta actividad de la ingeniería necesita de una estrategia a desarrollar para evitar la componente subjetiva y tener una perspectiva amplia de todo el proceso que aglutine no solo al diseño del producto (como se pensaría en una mala definición de esta especialidad), sino que tenga en cuenta otro tipo de factores como la aceptación del producto o la eficiencia en su fabricación. Para desarrollar cualquiera de estas estrategias, se necesita de dos elementos: una serie de fases o etapas a materializar en un marco espaciotemporal, y un conjunto de actores involucrados en el proceso.

Acerca de la estructura temporal, se pueden contemplar una serie de hasta 10 fases generalizadas del proceso de diseño: Análisis de la situación/problema, redacción de una nota-resumen, investigación, focalización, búsqueda e investigación de soluciones, elección de la solución idónea, ejecución de planimetría y planificación de la fabricación, construcción de los primeros pilotos, prueba y evaluación de los mismos y como cierre, elaboración de un informe que aglutine lo más relevante de los 9 pasos precedentes (Cabello Pérez, et al., 2009).

Los roles esenciales de un proceso de diseño industrial se podrían definir con los 3 grupos descritos en el diagrama de Venn representado en la Figura 6. Mientras tanto, en la Figura 7 se asocian los conceptos comentados a Metodologías de Diseño.

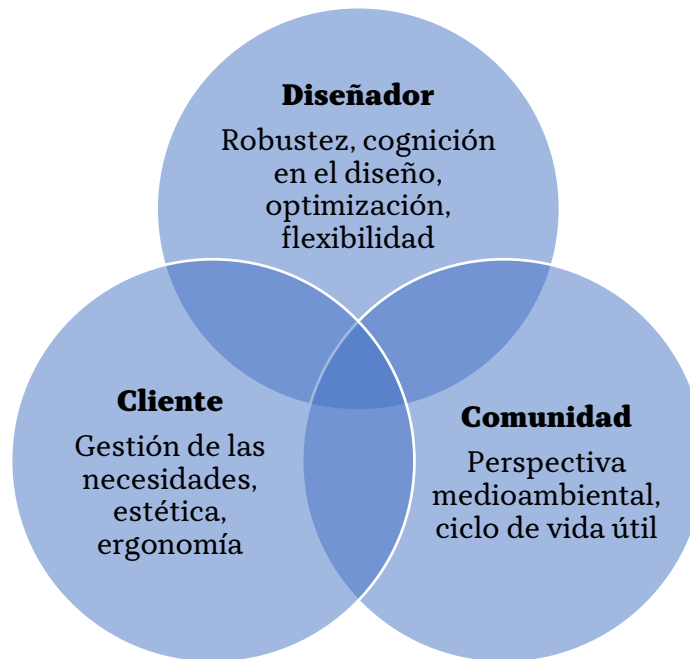


Figura 6: Diagrama de Venn acerca de los roles en el Diseño Industrial

El diseñador tiene competencias relacionadas con el proceso de fabricación industrial, como la robustez (producto con unas características de calidad mínimamente variables aun estando sometido a cambios externos/internos a la compañía o del propio proceso de producción), propias de su profesión como es la cognición en el diseño (conocimiento acerca de los mecanismos de procesado y solución de problemas en el ingeniero de diseño, así como las técnicas que este emplea), versatilidad para converger en sus soluciones mediante la flexibilidad del diseño (potencial de cambio y adaptación a una serie de entradas de diversa índole y mediante diferentes canales) y toma de soluciones de compromiso entre industria y medio ambiente con la optimización del diseño (búsqueda de un producto igual o más eficiente que el existente que consuma un menor número de recursos en su proceso de fabricación).

| Concepto o competencia de diseño | Metodologías para desarrollarlo |
|----------------------------------|---|
| Robustez | Taguchi, montajes inteligentes, DSM |
| Cognición | Teoría C-K, modelo de coevolución |
| Optimización | TRIZ, DDOM |
| Flexibilidad | Estrategias de diseño flexible |
| Gestión de las necesidades | Diseño axiomático, TPD |
| Estética | Kansei, inteligencia de la estética |
| Ergonomía | Diseño axiomático |
| Medio Ambiente | RM (<i>Rapid Manufacturing</i>), DpMA (Diseño para el Medio Ambiente) |
| Desensamblaje | DpD (Diseño para desensamblaje) |

Figura 7: Conceptos de Diseño Industrial y metodologías que trabajan sobre los mismos

Entre las atribuciones del cliente para el diseñador constan la gestión de necesidades (identificación de qué necesita el cliente al inicio del proceso de diseño para “no errar el tiro”), el diseño estético (aspectos relativos a la comunicación emocional a través de las

formas) y la ergonomía (ciencia encargada de explorar las posibilidades de diseño a través de la interacción entre el ser humano y el elemento/sistema).

Por último, el factor de comunidad, que influye en el proceso de diseño a través del impacto ambiental (incorporación de parámetros de afectación medioambiental a los elementos tradicionales de diseño como valor añadido) y el diseño de vida útil (pensando en el desmontaje, optimizar las operaciones de desensamblaje) (Iserte Peña, et al., 2012).

Para cerrar esta introducción se presenta un mecanismo subjetivo como es la evaluación de la calidad en Diseño Industrial, es decir, aquel procedimiento por el cual se puede conocer hasta qué punto ha sido bueno un proceso de diseño industrial. Se puede hablar de la existencia de cinco marcadores que permiten graduar cualitativamente el proceso: calidad en la interacción con el usuario (1), atractivo visual (2), capacidad de reparación y mantenimiento sencilla e intuitiva (3), uso eficaz de los recursos (4) e innovación en el resultado final que permita un valor añadido en su salida al mercado (5) (Ulrich & Eppinger, 2013).

En resumen, la integración del Diseño Industrial en un proceso de fabricación cualquiera beneficia de algún modo a este, debido a que es una rama ingenieril tan transversal que es capaz de aportar a todos los niveles del proceso que se aplique.

4.2. Fundamentos de la Metodología de Análisis del Valor

Para llevar a cabo la ejecución de la técnica seleccionada de una manera eficaz conviene acudir al documento técnico que recoge sus preceptos con carácter oficial. Es en la norma UNE 144001:2007 IN (Gestión del valor. Guía para el diseño y desarrollo de proyectos de Análisis del Valor de acuerdo con la norma UNE-EN 12973:2000 “Gestión del Valor”) (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2007) donde se establecen una serie de criterios que facilitan al responsable del proyecto hacer una planificación adecuada de este, así como un desarrollo adecuado en las fases subsiguientes. Al estar la información recogida en la norma que se menciona (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2007), no se va a entrar demasiado en profundidad durante este repaso.

Esta norma define al proyecto de análisis de valor como “la aplicación de la metodología de análisis de valor a un producto, proceso o servicio”, siendo el objetivo de dicha aplicación (mediante un diseño o rediseño de éste) la cumplimentación de una serie de objetivos cuantificables (mejora de la calidad, reducción de costes, o del valor como combinación de los dos anteriores), a través de las fases descritas a continuación:

Fase 1: Preparación y orientación

Los objetivos de esta fase son fijar con carácter previo una serie de instancias que determinen el sino del proyecto de mejora. Como es obvio, la parte más importante es definir el objeto de estudio durante el análisis de valor, así como los objetivos cuantificables de los que se hablaba antes. Conjuntamente a ello, se deben caracterizar los límites del proyecto (en el caso de un producto, sería acotar las piezas, subconjuntos y conjuntos que son objeto de análisis y los que no) y las restricciones (de diseño, tiempo, recursos económicos u otra índole -normas técnicas, legislación, medios de ejecución...-).

Fase 2: Información

Parafraseando el documento normativo, el trabajo más importante de esta fase consiste en “recopilar la información externa e interna relativa al objeto de análisis del valor”; con

este acopio informativo se irá trabajando en sucesivas fases. Partiendo de esta base, y una vez se tiene un conocimiento del producto a diferentes niveles, se procede a identificar y ponderar las necesidades de los clientes potenciales del producto. Como herramientas adicionales, se cumplimentan igualmente otros dos objetivos de la fase: la determinación de los clientes (y las fuentes de información), así como los costes asociados al objeto del análisis del valor.

Fase 3: Análisis funcional y de costes

Como el propio nombre sugiere, un estudio pormenorizado de las funciones que lleva a cabo el producto objeto del análisis del valor es necesario; esta descomposición de tareas se ve completada con un análisis de cómo estas funciones contribuyen en el cumplimiento de las necesidades que el cliente requiere del producto, así como la repercusión económica que su presencia implica en el proyecto. De estos dos marcadores (importancia funcional e importancia en coste), se obtiene el índice de valor de cada componente estudiado, con el que ir “equilibrando” hasta optimizar su cuantía.

Fase 4: Innovación y creatividad

La generación de ideas es el objetivo principal que alcanzar durante esta fase; con estas se pretende diseñar un producto de más valor. Como algunas de las propuestas realizadas durante esta fase probablemente interfieran entre sí, será necesario proponer una serie de alternativas a escoger/valorar.

Fase 5: Evaluación de alternativas

Aplicación del análisis multicriterio para ponderar y evaluar las alternativas propuestas, de modo que su valía se vea reflejada numéricamente. Con ello, se obtiene una base sólida con la que tomar prioridades.

Fase 6: Implantación y seguimiento

Como conclusión del proyecto, se contempla la puesta en marcha de este (en términos temporales), así como el seguimiento y su *feedback* derivado.

4.3. Herramientas CAD-CAE

Dentro del desarrollo y evolución en la elaboración de proyectos de diseño industrial ha influido en tiempos y costes el avance paralelo de la informática, que ha otorgado a los diseñadores una serie de herramientas de cálculo y diseño que facilitan en gran medida las fases de innovación, diseño y análisis técnico de soluciones. Mientras que en tiempos pasados el diseñador hacía uso de bocetos y croquis para exponer su idea, lo cual era lento e impreciso, en la actualidad es posible generar sólidos 3D modificables con una celeridad y realismo mayores, lo cual fomenta en gran medida la innovación (Ulrich & Eppinger, 2013).

Dentro de estas soluciones informáticas en la fase previa a la fabricación, se pueden encontrar programas CAD (*Computer Aided Design*) y CAE (*Computer Aided Engineering*). Los primeros permiten crear el modelo geométrico de un elemento a partir de una serie de entradas de diseño (cotas, materiales), analizar y optimizar sus dimensiones y generar una serie de planos empleables en el proceso industrial. Las herramientas CAE, partiendo de un modelado CAD, permiten al usuario realizar una simulación de comportamiento mediante un análisis de elementos finitos (FEA), que descompone la pieza en sólidos de un tamaño determinado para analizar la respuesta de estos ante los efectos de unas

solicitaciones determinadas, ya sean fuerzas, temperaturas o acción de agentes meteorológicos.

Para la evaluación y modelado de los prototipos a diseñar, se puede optar por la vía de diseñar los componentes en un programa CAD (por ejemplo, AutoCAD) y analizarlos mediante una herramienta CAE (dentro de la familia de productos de Autodesk, el ROBOT Structural Analysis sería una solución factible), pero resultaría una pérdida de tiempo el realizar iteraciones para corregir el diseño si los resultados de la comprobación CAE no son aceptables, además de estar diseñados para elementos estructurales y no piezas mecánicas. En este aspecto, conviene emplear una herramienta CAD-CAE como SolidWorks o CATIA, las cuales permiten dentro de una misma interfaz realizar el modelado de la pieza, aplicar materiales y restricciones de contorno y simular mediante elementos finitos el comportamiento de esta ante una serie de solicitaciones.

4.3.1. SolidWorks

Como se introdujo en el anterior punto, SolidWorks es una herramienta informática de diseño tridimensional que destaca por su diseño intuitivo y el manejo rápido de distintos entornos de trabajo, permitiendo al usuario modelar sólidos a partir de dibujos bidimensionales, crear ensamblajes a partir de estos sólidos y analizar su comportamiento mecánico u obtener una serie de planos a partir de estas piezas, entre muchas otras funcionalidades útiles para el diseñador.

Permite una aproximación rápida y sencilla a proyectos de ingeniería en fase de desarrollo, a través de un entorno que permite comunicar y validar prototipos de manera práctica y fiable (Gómez González, 2008).

Entre las funcionalidades más útiles a la hora de realizar un diseño industrial, se encuentra la aplicación Simulation, que permite calcular el comportamiento de una pieza a partir de una serie de entradas que decide el proyectista:

- Material: la herramienta dispone de una base de datos propia con materiales estandarizados de amplio uso, además de existir la opción de crear materiales personalizados o importarlos de herramientas de selección de materiales.
- Relación entre elementos: permite definir qué tipo de comportamiento van a tener elementos que se encuentran en contacto, ya sea de tipo unión rígida (el programa fusiona los nodos coincidentes de uno o más cuerpos, siendo a todos los efectos un mismo ente mecánico) o sin penetración- Además, SolidWorks cuenta con una biblioteca de elementos de unión como pernos, soldadura o uniones elásticas de rápida aplicación (simplemente definiendo las características básicas de la unión y su ubicación) para ahorrar tiempo al diseñador.
- Restricciones: condiciones de contorno del cálculo de la simulación, debiendo definir el proyectista las caras, sólidos o aristas a las que se aplica una limitación de su desplazamiento.
- Cargas: Se pueden aplicar todo tipo de solicitaciones, ya sean fuerzas descompuestas, presión, masa...
- Mallado: el responsable de diseño debe decidir qué tipo de descomposición del sólido desea en función del tamaño y complejidad de la pieza. Una malla fina (más elementos de menor tamaño) trae consigo un resultado más preciso pero un

cálculo más lento, mientras que en el caso de mallas con un tamaño superior el cálculo es menos certero, pero implica un menor tiempo. Es responsabilidad del diseñador llegar a una solución de compromiso en este aspecto para obtener un resultado óptimo en tiempo y resolución.

Una vez acotadas todas las variables del problema, se ejecuta el Solver, esto es, el anglicismo de la herramienta de resolución del problema. A partir de los datos introducidos anteriormente, SolidWorks Simulation ejecuta automáticamente el motor de resolución adecuado para el análisis de elementos finitos al que se enfrenta: existen métodos directos que resuelven el problema mediante procedimientos numéricos exactos, y métodos iterativos que emplean métodos numéricos de aproximación que van autoevaluando su error hasta hallar una solución convergente.

Una vez resuelto el problema de elementos finitos, SolidWorks muestra una representación gráfica de distintos resultados asociados al análisis. Las más conocidas son:

- la tensión equivalente de von Mises, basada en la teoría de la energía de distorsión homónima que establece que el estado límite en un punto de un sólido en el que existe un estado tensional cualquiera comienza cuando la energía de distorsión por unidad de volumen en un entorno de dicho punto es igual a la energía de distorsión absorbida por unidad de volumen cuando el material alcanza la tensión límite en el ensayo (Ortiz Berrocal, 1998). Una formulación analítica a partir de las tensiones existentes en las 3 direcciones deduce que el valor de tensión equivalente de un cuerpo es igual a:

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]}$$

- el desplazamiento resultante, es decir, el vector resultante de la posición final de los elementos finitos en las tres direcciones del espacio tras la aplicación de una sollicitación determinada

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Introducción

El principal objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es el análisis de un producto existente en el mercado y la propuesta de un rediseño justificado del mismo, haciendo uso de herramientas de desarrollo de producto y metodologías de diseño industrial. A lo largo de los diferentes apartados que componen esta sección, se argumentará el uso de las herramientas y métodos empleados durante la elaboración del proyecto para, posteriormente, ser desarrollados.

5.1.1. Metodología de Análisis del Valor

5.1.1.1. ¿Por qué la metodología de análisis del valor?

Una vez realizada la introducción al Diseño Industrial y las Metodologías de Diseño, es hora de seleccionar justificadamente una de ellas, con el objetivo de desarrollarla en el proceso que ocupa el presente trabajo.

A estas alturas ha quedado claro que el objetivo del trabajo técnico es mejorar, en la medida de lo posible (a sabiendas de que existen ciertas restricciones), un producto ya existente, que cumple una función determinada para un grupo de clientes. Para que dichas mejoras tengan un impacto positivo en el mercado, no basta con tener una idea y plasmarla en el diseño 3D; se estarían cometiendo algunos errores, como no analizar las tendencias que más satisfacerían al mercado potencial o si realmente se estaría modificando una función del producto que actualmente cumple de manera aceptable.

Es por ello por lo que un trabajo de estas características precisa seguir una técnica o metodología de aplicación en el ámbito del diseño industrial, una serie de pautas que asistan al proyectante durante el diseño de alternativas. Las dos estrategias que por su estructura y metodología de trabajo encajan más con el tipo de proyecto que se pretende desarrollar serían la metodología de análisis del valor y el proceso de jerarquías analíticas. Se procede a comentar sucintamente ambas técnicas y sus puntos fuertes/débiles de cara al trabajo.

La metodología de análisis del valor propone la determinación o revisión de un producto/servicio a través de una estructura en 6 fases, cuyo desarrollo busca que se aseguren todas las funciones de éste que el cliente desea a un mínimo coste, a la vez que se cumplen las exigencias que el mismo requiere. Son necesarios una serie de valores de entrada en forma de restricciones, que serían las funciones (esperadas o deseables) y las exigencias (características básicas del producto).

El proceso de jerarquías analíticas difiere un poco de lo comentado con anterioridad. En este caso, se proporciona una estructura definida a un problema de selección con criterios múltiples, como en este caso sería el problema de selección entre distintas alternativas. El mismo asiste al proyectante a la hora de identificar y ponderar los objetivos y criterios de diseño, tomando decisiones asépticas con ayuda de los datos recopilados. Hace uso de un mecanismo de autoevaluación para reducir el sesgo en la toma de decisiones, por lo que se hace válido para contemplar resoluciones de tipo cualitativo y cuantitativo.

Si bien esta última herramienta se considera más potente a la hora de determinar alternativas, el caso que ocupa este trabajo técnico requiere de la estructura más completa que ofrece la metodología de análisis del valor, principalmente por el hecho de que la propuesta y diseño de alternativas se realiza dentro del propio *planning* asociado al método, mientras que el proceso de jerarquías analíticas es más adecuado para una serie de alternativas ya contempladas y diseñadas dónde se requiera tomar una decisión a la vista de sus funciones.

5.1.1.2. Estrategia de aplicación de la metodología de análisis del valor en el presente trabajo técnico

Al encontrarse el proyecto situado en un marco académico y no empresarial, es necesario hacer ciertas asunciones y modificaciones del esquema que propone la norma. Por ejemplo, cuestiones relativas a selección del equipo de trabajo, informes y planificación de reuniones o salida al mercado del producto se entiende que no son de aplicación para este trabajo técnico. Una guía ilustrativa del desarrollo y contenido de estas fases se encuentra el punto 2.1. de este documento.

5.1.2. Herramientas CAD-CAE de uso en el trabajo técnico

Para el caso que ocupa este Trabajo Fin de Grado se va a hacer uso de SolidWorks (versión educacional de 2018), ya que presenta una interfaz gráfica sencilla, adaptada para el trabajo con sólidos 3D (más en concreto con elementos mecánicos) y que integra una serie de componentes que la hacen especialmente atractiva para el proyecto: agregación de pernos, cordones de soldadura o relaciones de contacto de distinta naturaleza (uniones rígidas entre componentes, contactos sin penetración...), así como una serie de herramientas integradas que aportan valor añadido al no tener que acudir a otros programas, como SolidWorks VISUALIZE (para crear renderizados a partir de un diseño tridimensional) o SolidWorks Costing (estimación del coste de un componente a partir de una serie de entradas).

En cuanto a herramientas auxiliares, para realizar búsquedas, comparativas y comprobaciones a nivel de materiales, se hizo uso de la herramienta GRANTA EduPack (versión 2019). Este programa facilita al diseñador una amplia y actualizada base de datos de materiales, con una interfaz gráfica que permite las comprobaciones multicriterio de forma simple e intuitiva; además, tiene un complemento para, en base a los materiales seleccionados y una serie de operaciones y procesos industriales, estimar el precio unitario de una producción industrial a partir de la materia prima seleccionada.

5.2. Aplicación de la Metodología de Análisis del Valor

5.2.1. Preparación y orientación

5.2.1.1. Antecedentes

El método empleado para la recolección de una cosecha, al igual que muchos otros aspectos relativos a la misma, va a depender principalmente de la propia fisionomía de la explotación. La recolección del tomate es un ejemplo que ilustra perfectamente la afirmación anterior, ya que se puede recoger la cosecha con dos métodos diferentes:

Mediante métodos mecánicos. Es empleado para recolectar tomate que va a ser utilizado en la industria alimentaria (con él se fabrica el tomate procesado en botes o latas, o *kétchup*). La principal desventaja de cosechar una plantación con métodos mecánicos es la interferencia destructiva (y necesaria) durante el trabajo de la cosechadora (Figura 8).



Figura 8: Cosechadora de tomates Guaresi G89/93 32", ©Guaresi S.p.A.

Esta técnica se emplea en fincas al aire libre y de gran extensión; en el caso de España es una tipología de explotaciones que se puede encontrar en el valle del Ebro o las llanuras de Sevilla y Extremadura. Requieren un cuidado menos intensivo y un sustancioso ahorro en mano de obra; como contrapunto, los precios de venta son sustancialmente menores.

Mediante métodos manuales. Así se lleva a cabo la recogida del tomate fresco, generalmente cultivado bajo plástico. Si bien es cierto que se pueden encontrar en el mercado diversas disposiciones del producto, el “camino” general que sigue el tomate es el de ser recolectado en cajas dentro de la finca, que a su vez se transportan a un punto de carga donde un camión las lleva hasta el punto de venta o subasta. Si el producto ha sido confeccionado en la propia finca (esto es, en la misma disposición que será entregado al consumidor final; generalmente se emplean cajas de un tamaño más reducido y con una protección en el fondo de papel o espuma), no necesita pasar por el proceso de transformado antes de salir a la venta, proceso que se realiza en las sociedades de transformación agrícola (comúnmente conocidas por su acrónimo S.A.T.).

Dejando a un lado el tomate, podemos apreciar que la recolección mediante métodos manuales se usa ampliamente en las fincas de cultivo protegido bajo plástico, exceptuando cosechas como la sandía o el melón que tienen un proceso de recogida diferente (se recoge toda la cosecha de una vez y esta se carga en *boxes* de dimensiones cercanas al metro cúbico). Es en el proceso de recogida en cajas y transporte hasta el punto de carga de la finca donde el objeto de trabajo ha de desempeñar su labor; igualmente, es conveniente volver al punto de partida de este apartado y, ya dentro de un invernadero, volver a discernir entre las distintas fisionomías. Como se comentó en la introducción, Países Bajos es uno de los grandes productores bajo plástico a nivel europeo, logrando en los últimos años unos niveles de productividad que superan ampliamente los conseguidos en el campo almeriense. Esto es debido en gran parte a la mayor tecnificación presente en las explotaciones agrarias de dicho país, aspecto donde también es uno de los referentes mundiales. Existen varias diferencias reseñables entre un invernadero estándar neerlandés y uno almeriense; pasan a ser comentadas las de interés relativo al trabajo:

- El tipo de invernadero de Países Bajos posee sistemas de calefacción mediante tuberías que distribuyen un fluido caliente entre el sustrato donde está plantada la cosecha. Estas tuberías tienen que pasar cerca del mismo, formando un sistema de raíles que delimita el camino del líneo de recolección.
- La anchura de los pasillos en el invernadero estándar almeriense es menor que el de su competidor europeo.
- El uso combinado de sustrato rico en nutrientes y calefacción (que incrementa la producción de las plantas), así como unas líneas de cultivo de mayor longitud que los almerienses hacen que la cosecha en cada una de las mismas sea mayor en los invernaderos neerlandeses.

5.2.1.2. Estado de la técnica

En los dos subapartados que contiene este punto se dará una visión global y local de los avances técnicos logrados hasta la fecha en materia de diseño y fabricación de carretillas de uso agrícola. Es de vital importancia conocer que se vende (y, por tanto, que utilizan los potenciales clientes) para tener una perspectiva amplia de cara a posibles modificaciones.

5.2.1.2.1. Repaso del mercado internacional

A la vista de la última parte de los antecedentes, se puede entender mejor que la oferta de carretillas de uso agrícola sea diferente según el país/región donde se consulte. Es hora de dar una “vuelta al mundo” con un somero estudio al mercado, donde serán comentadas las características principales de cada modelo.

AUSTRALIA – David Gill Greenhouses

Esta pequeña empresa fabrica 3 variantes de la misma estructura de carretilla (Figura 9); sobre una base de acero galvanizado con recubrimiento en polvo que puede cargar hasta 225 kg, el cliente puede seleccionar si quiere la estructura sola, con un fibropanel de densidad media como superficie o con 2 niveles adicionales (el más alto y ligero para almacenar cajas vacías, y un nivel medio con superficie de rodillos para cajas cargadas). Las carretillas están adaptadas para ser unidas entre sí, formando una especie de tren, así como para el trabajo en invernaderos con raíles, para lo que tienen hasta 10 ruedas: 4 ruedas locas para maniobrar en pasillo, 4 ruedas fijas para desplazarse sobre los raíles de calefacción y otras dos ruedas fijas centrales (de mayor tamaño que las anteriores) para facilitar la maniobrabilidad en pasillo.



Figura 9: Carretillas de recolección en 2 niveles, básica con tablero DM en superficie y modelo básico. © David Gill Greenhouses

NUEVA ZELANDA – Ftek Ltd

El modelo presentado por la compañía de Auckland (Figura 10) es bastante similar al descrito anteriormente. Destaca por un diseño prominentemente modular, en el que cualquiera de las partes que componen la carretilla puede ser agregado o retirado con facilidad. Como contrapunto al modelo anterior, este se presenta en acero galvanizado desnudo, sin ningún tipo de recubrimiento.

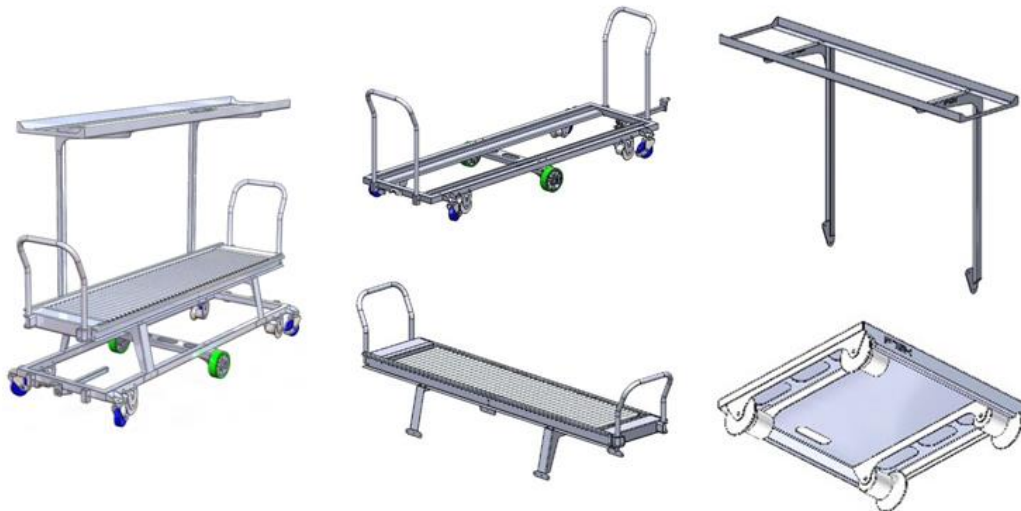


Figura 10: Carretilla de recolección y despiece modular. ©FTEK

PAÍSES BAJOS – Berg Hortimotive

Desde esta empresa presentan un modelo de diseño estándar (Figura 11, misma distribución de superficies y ruedas ya vistas en modelos anteriores) con gran calidad de acabados. La gama dimensional abarca desde los 1690 mm de largo a los 2490 mm. Recubrimiento en polvo y ruedas con alta duración en servicio; en concreto, las ruedas que se deslizan por el raíl están hechas con un compuesto de *nylon* exclusivo de la empresa. Los módulos de rodillos y soporte de cajas vacías son desmontables para una logística más simple.



Figura 11: Modelo con vistas de detalle (módulos, ruedas y almacenamiento). © Berg Hortimotive

PAÍSES BAJOS – Bogaerts Greenhouse Logistics

Probablemente sea el modelo más completo de cuantos ocupan este estudio de mercado (Figura 12). Completamente personalizable, este modelo permite al cliente elegir ancho de vía (sobre la que deslizar el carro en el raíl), largo de la estructura (1520 mm a 2520 mm), cubierta de acero galvanizado en base, alturas regulables en los módulos de rodillos y cajas vacías, y la posibilidad de montar multitud de utilidades sobre la base: asientos para cosechas a baja altura, contenedor de desechos vegetales, cajas para guardar documentos y soporte de sensores en el caso de ser empleado en una nave con presencia de sistemas de transporte automatizados.



Figura 12: Modelo propuesto; en detalle, algunas de sus características. © BogaertsGL.com

POLONIA – Precimet HCE

Desde la ciudad polaca de Łódź ofertan una gama más amplia de carretillas agrícolas (Figura 13), todas ellas adaptadas al invernadero con raíles. El modelo estrella es muy similar a los ya comentados, con la salvedad de que el rango de carga de la carretilla

alcanza los 384 kg en su disposición de mayor tamaño. Con respecto a los modelos más sencillos, se trata de estructuras simples y ligeras con acabado anticorrosivo, que permiten cargar entre 150 y 225 kg de cosecha, así como la opción a incluir un asiento a la estructura para cultivos de suelo.



Figura 13: Gama de carretillas ofertada. © Precimet H.C.E.

RUSIA – Walzmatic

Si algo destaca en el catálogo de la firma rusa es la completa libertad que tiene el cliente a la hora de configurar su producto. Nuevamente, el modelo estándar sigue siendo el descrito con anterioridad (Figura 14), un diseño modular con dimensiones y acabados a gusto del consumidor. Si bien el modelo más grande es capaz de cargar con 500 kg de producto, siendo un referente en este sentido, el peso de las carretillas ronda los 140 kg (alto en comparación al resto).



Figura 14: Vista explosionada de la carretilla. © Walzmatic

TURQUÍA – Seomak Technology

En comparación a los modelos vistos anteriormente, se puede deducir a simple vista que el producto de la empresa otomana es de peor calidad y acabados que el resto. A la venta en 1 y 2 plataformas de tamaño fijo (2430x550 mm), esta carretilla se fabrica con perfiles de aluminio ST-37 de 50x50 mm (Figura 15).



Figura 15: Carretillas de 2 plataformas y 1 plataforma. © Seomak Technology

5.2.1.2.2. Situación de España en el mercado global

Una vez finalizada esta ruta mundial por la oferta de carretillas agrícolas, se procede a hacer una búsqueda de idénticas características poniendo el foco en la región que ocupa este trabajo, ya que será la potencial competencia del producto que se pretende desarrollar. Aquí la perspectiva es tan singular como la propia agricultura almeriense: el modelo estándar de carro cambia por completo, presentando dimensiones más reducidas, un diseño más rudimentario y una adaptación completa al trabajo en firmes irregulares.

Carretillas Amate

Dentro de la variedad de soluciones auxiliares que propone la empresa ubicada en Huércal de Almería (Almería), es posible encontrar una nutrida variedad de ellas en el apartado de recolección.

Hablando del diseño considerado como estándar, hasta 4 versiones similares (Figura 16) aparecen en su catálogo: para 1 (para líneas de cultivo especialmente estrechas) y 3 cajas (líneas de gran longitud), habiendo de este último modelo otras dos versiones, una con anchura variable (de 420 a 650 mm) que se adaptaría a diferentes tamaños de caja, y otra con estructura y ejes reforzados.

Con respecto a otras opciones, proponen un modelo eléctrico, una carretilla diseñada para invernaderos con raíles de calefacción (que presenta un diseño mucho más simplificado que las comentadas con anterioridad, aparte de un nulo carácter modular) y soluciones específicas para cultivos bajos (carro con 1 caja de capacidad) y confección.



Figura 16: Carros reforzado, de confección, 1 caja y tubo rail. © Carretillas Amate

IDM Agrometal

No hay que salir de la provincia para encontrar otro referente en el sector; tan referente que dicen ser los inventores del carro estándar de la zona. Su modelo estrella, que presentan con una serie de opciones al cliente, está recubierto con polvo como tratamiento anticorrosión; permiten elegir entre carretillas para 2 y 3 cajas, ruedas de 260/350 mm de diámetro, anchura de la base variable e incluso capacidad de giro (Figura 17).

Igualmente tienen a la venta una carretilla adaptada al trabajo sobre raíles de calefacción, de características muy similares a la ofertada por Carretillas Amate.



Figura 17: Modelo de carro con mecanismo de giro. © IDM Agrometal

Pulytec

Esta empresa murciana ofrece a sus clientes dos variantes del carro clásico de la zona (Figura 18). Con un chasis de medidas invariables (860x510 mm) protegido con pintura EPOXI el usuario puede elegir entre ruedas grandes (380 mm de diámetro) y pequeñas (240 mm de diámetro).



Figura 18: Modelo clásico con diferente tamaño de ruedas. © Pulytec Pulverización y Tecnología S.L.

5.2.1.3. Alcance del proyecto

Como se comentase ampliamente en la introducción, el objetivo de este proyecto es rediseñar el modelo de carretilla agrícola que se usa con mayor frecuencia en la provincia de Almería. La decisión de focalizarse en esta provincia viene dada por su demostrada importancia en cuanto a superficie y producción agrícola bajo plástico, lo cual la hace que tenga un interés especial en cuanto a captación de posibles clientes.

Ese rediseño implicará la definición de todas sus partes, así como los procesos de fabricación de las piezas que no se puedan adquirir a un proveedor externo a precio competitivo.

El hecho de que se adapte a las fincas de dicha provincia no exime de su validez en otras regiones cuya agricultura presente una fisonomía similar, como puede ser la que se desarrolla en zonas de Oriente Próximo, norte de África o Sudamérica.

5.2.1.4. Limitaciones propias del diseño

Todo proyecto tiene una serie de limitaciones, ya sea inherentes al mismo o de carácter normativo. En este apartado se tratará de contemplar aquellas restricciones que, previamente al estudio de mercado, se deben tener en cuenta para el diseño final.

Una de las más esenciales es el precio. En la actualidad, una carretilla de invernadero es un elemento auxiliar que se puede considerar barato (el precio oscila entre los 45€ de los modelos más simples a los 120€ de modelos de mejor construcción y funcionalidad). Por ello, aunque se incremente el valor económico correlativamente al del producto, no conviene sobrepasar unos límites (que serán consultados en el estudio de mercado) que hagan perder interés al producto.

Igualmente es una fuente de interés para el potencial cliente el desarrollar su trabajo en unas condiciones de comodidad aceptables. Es por ello por lo que, si bien no existe ninguna norma escrita (más allá de ciertas dimensiones que se comentarán en el siguiente apartado) el diseño debe tener muy en cuenta la ergonomía para con el usuario.

Por último, se deben tener en cuenta los procesos de fabricación que puedan ser de aplicación al proyecto, ya que el diseño de las piezas que compongan la carretilla debe, en la medida de lo posible, debe contemplar una manufactura sencilla y con precio ajustado.

5.2.1.5. Normativa aplicable

No existen requerimientos normativos que se ajusten específicamente a las carretillas de uso en el ámbito agrícola, así que lo más acertado es acudir a una norma que hable con un carácter generalista acerca de esta herramienta.

Es la norma UNE-EN 1757-3:2003 (Seguridad de las carretillas de manutención/Carretillas de propulsión manual y semimanual con operador a pie. Parte 3: Carretillas de plataforma) (UNE Normalización Española, 2003) la que mejor se ajusta a lo anteriormente enunciado. Se procede a comentar sus aspectos de mayor importancia para el trabajo técnico:

- Términos y definiciones. La norma contempla el caso de carretillas de manutención de plataforma y traslación manual, cuya capacidad nominal (esto es, la carga uniformemente repartida que la susodicha carretilla es capaz de transportar) debe tener su centro de gravedad sobre la línea central de la plataforma y 200 mm por encima del centro geométrico de la misma, haciendo así que durante la utilización para la que fue prevista, el operador pueda desarrollar el trabajo con absoluta seguridad desde el puesto de operación que se especifique.
- Requisitos. Se trata de una serie de valores de corte a partir de los cuales se considera que la carretilla diseñada no comporta ningún riesgo para la seguridad y salud del usuario, siendo 4 de ellos de interés en el trabajo técnico; el esfuerzo para asegurar el rodamiento de una carga de 250 kg no debe exceder de los valores de 150 N en su inicio, 75 N en el movimiento de rodadura y 150 para un cambio de dirección de 90° (1), el valor de la altura desde el suelo hasta el eje de la barra de propulsión-dirección debe hallarse entre 1100 y 1300 mm (2), la distancia mínima entre el lado exterior de la barra de propulsión-dirección y el extremo lateral de la carretilla debe ser, al menos, de 50 mm (3), la sección transversal de la barra de propulsión-dirección debe estar comprendida entre los 25 y los 35 mm (y 4).
- Ruedas y soportes rodantes de la carretilla. Se remite en este apartado a otra norma (EN 12532), hablando en ella principalmente de proteger al operario ante posible riesgo de atrapamiento.
- Por último, se habla de proteger al operario contra puntos de aplastamiento, además de liberar las partes exteriores de la carretilla de aristas vivas y ángulos, que en caso de choque pueden lesionar al mismo.

Esta norma adjunta igualmente un anexo de ensayos y comprobaciones a efectuar previa puesta en venta del producto, del cual se procede a hacer un sumario.

- Ensayo estructural, en el cual se aplica la capacidad nominal, multiplicada por un factor de mayoración (de 1.33) durante un tiempo de 15 minutos.

- Con respecto al freno, debe soportar en una pendiente del 5% la carga nominal que se le atribuye a la carretilla.
- Se establece un ensayo dinámico para determinar las fuerzas que debe aplicar el operario, a lo largo del eje y sobre el asa, para maniobrar la carretilla. El mismo consta de 3 partes: la fuerza de inicio (fuerza máxima que se requiere para comenzar el movimiento de la carretilla), la fuerza de rodadura (fuerza máxima a aplicar para mantener una velocidad de 0.5 m/s) y la fuerza de giro, siendo esta la fuerza tangencial máxima para hacer un giro de 90° con la carretilla, mientras esta circula a una velocidad de 1 m/s.
- Por último, la norma requiere realizar una comprobación de la estabilidad en dos partes: ensayo dinámico longitudinal (la carretilla debe mantener la estabilidad en el siguiente supuesto: siendo empujada, sin carga, a 1 m/s se chocaría con un obstáculo de 20 mm de altura) y ensayos de carácter estático (donde, dependiendo de las superficies de carga y su distribución de la misma sobre ellas, se establecen una serie de valores de inclinación para la carretilla, parada y colocada longitudinal o lateral/transversalmente)

5.2.1.6. Reivindicaciones de la propiedad industrial

Otro de los factores para tener en cuenta en lo que concierne al diseño de un producto es el de la propiedad intelectual e industrial de los modelos existentes, que servirá como complemento a los modelos que se ofertan actualmente y evitará incurrir en plagios y violación de la patente para con el titular de esta, así como valorar su inclusión en el registro de Diseño Industrial de la Oficina Española de Patentes y Marcas.

Para consultar la existencia de estas, se puede hacer uso de las diferentes bases de datos que habilita la Oficina Española de Patentes y Marcas (Oficina Española de Patentes y Marcas, s.f.) introduciendo los términos “carretilla”, “carretilla agrícola” o “carro” en diferentes idiomas, debido a que la mayoría de las bases de datos trabajan en el ámbito internacional. En concreto, se usaron para la búsqueda 3 bases de datos: Diseños en español, Designview: Diseños y WIPO: Base Mundial de Datos sobre Dibujos y Modelos.

Como resultado de dicha búsqueda, se encontró que una empresa radicada en Francia había registrado numerosas patentes (14) actualmente expiradas de modelos similares a los vistos para invernaderos con raíles, con un uso extendido fuera de nuestras fronteras como ya se comentó anteriormente (ECOMAT S.a.r.l., 2006). También se encuentra expirada la reivindicación sobre uno de los diseños encontrados, también patentado en Francia (AEI Technologies, S.a.r.l., 2009) y que guarda similitudes con los modelos vistos para usar sobre raíles, siendo esta una versión simplista de los diseños comercializados en la actualidad.

5.2.2. Información

5.2.2.1. Preparación del estudio de mercado

Al igual que para la aplicación de la metodología del análisis del valor, existe una serie de normativas referentes al estudio de los clientes y su satisfacción con un producto determinado. En este caso es de aplicación la norma UNE-ISO 10004:2019 (Gestión de la calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para el seguimiento y la medición) (UNE Normalización Española, 2019), cuyas directrices serán de utilidad a la hora de confeccionar el cuestionario.

El objetivo que tiene la ejecución de un estudio de mercado en este trabajo técnico es triple: realizar una supervisión de las tendencias del cliente con la satisfacción con el producto que ya posee (1), evaluar su respuesta a un producto ya existente o un rediseño de este (2) y obtener información sobre aspectos muy concretos del producto a analizar (3). En cuanto a restricciones, se puede decir que son bastante laxas: el perfil de cliente al que se dirigen, la región/mercado donde se realiza la encuesta, el periodo temporal durante el que se realiza y el producto en el que se centra en evaluar la misma.

Para identificar la tipología de cliente y determinar sus expectativas, es necesario plantear adecuadamente el cuestionario, de modo que la información recabada en el mismo sea útil y concreta. Por ello es de gran importancia determinar y conseguir discernir los diferentes grados de expectativas y satisfacción del público objetivo: a un nivel básico se sitúan aquellas características que se le presuponen al producto y que el propio cliente no destaca como valorables, en el nivel de características de desempeño estarían características que afectan de manera directa a la conformidad del cliente, y cuyo nivel de cumplimiento repercute directa y proporcionalmente en su satisfacción; por último, se encuentra el nivel de oportunidades ocultas, donde el diseñador de la encuesta debe comprobar la reacción del sondeo acerca de cuestiones que aún no se han tratado en diseños previos de carretillas, pidiéndole su opinión sobre características que se consideren potencialmente importantes y/o atractivas. Para ello, se diseña un sencillo modelo (Figura 19), sin entrar en profundidad con detalles dimensionales o técnicos, de modo que se muestren una serie de características novedosas del mismo que a priori puedan parecer de interés.



Figura 19: Boceto de carretilla creado para la encuesta

Para obtener una escala numérica sobre la satisfacción actual para con el producto existente, se emplean preguntas con 5 grados de acuerdo o satisfacción, de forma que sea más fácil obtener una escala numérica de la conformidad. En las mismas se cuestionan aspectos característicos de las carretillas, como pueden ser su desempeño, características estéticas, seguridad, mantenimiento o el precio.

Poniendo el foco en lo anteriormente explicado se diseña el modelo de encuesta, que consta de 30 preguntas, algunas de ellas con soporte gráfico para facilitar la comprensión del encuestado. Como elemento de distinción de clientes, para constatar la veracidad de los datos se pregunta por el número de identidad (DNI).

5.2.2.2. Puesta en marcha del estudio de mercado

Para llevar a cabo las encuestas se utilizó una de las muchas plataformas de libre acceso que ofrecen soporte gráfico y estadístico; en este caso, la elegida fue **Microsoft Forms** debido a su amplio rango de personalización, un entorno gráfico amigable (incluido el diseño *responsive*, adaptado para dispositivos móviles) y posibilidad de exportar los datos vía Excel (hoja de cálculo).

Una vez configurado el cuestionario en la plataforma, es hora de distribuirlo entre los potenciales clientes. Para ello, se diseñó un folleto tamaño A6 (cuartilla) con un breve eslogan informativo (Figura 20), dos enlaces al estudio (código QR y enlace web) el boceto inicial del proyecto y el logotipo del ente académico bajo el que se desarrolla el proyecto.



Figura 20: Folleto informativo con enlace a la encuesta

La encuesta se llevó a cabo entre el 8 y el 27 de julio de 2019 en diversos puntos de encuentro de agricultores: Semilleros El Plantel (Delegación El Ejido), Agroejido S.A. (punto de recogida Berja). El método de recogida de datos fue una entrevista individual con el potencial cliente, en la que este rellenaba la encuesta en una *tablet*. De no ser posible por motivos de tiempo, se entregaba el folleto a dicha persona para su realización posterior; ambos métodos garantizan la homogeneidad de los datos.

Al término del periodo de consulta, se recogió como válida la opinión de 30 agricultores; dicha cifra (tamaño muestral, n) se acordó como representativa del estudio en base a los siguientes cálculos:

La fórmula para estimar el tamaño muestral es la siguiente (Torres, et al., 2006):

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N - 1)) + k^2 \cdot p \cdot q}$$

Se estima como tamaño de población a considerar (N) 22697 agricultores, dato extraído del último Censo Agrario publicado (Instituto Nacional de Estadística, 2009). Esta población se refiere a propietarios de explotaciones que se dedican al cultivo intensivo bajo plástico en la provincia de Almería.

El valor k es una constante directamente proporcional al nivel de confianza deseado para el estudio, es decir, la probabilidad de que los datos reflejados en el mismo sean en mayor o menor medida fieles a la realidad. Se va a trabajar con un nivel de confianza del 90% en este caso, por lo que el valor de k es igual a 1,645

Con respecto a la variable e , que representa el margen de error del estudio, o, dicho de otro modo, la posible diferencia entre el resultado de la encuesta y el que resultaría de consultar a toda la población. Para este trabajo se va a emplear un margen de error del 15%.

Los valores p y q son estimados; se trata del porcentaje de individuos que van a responder al cuestionario de manera útil (p) y los que no (q). Como es un dato desconocido de antemano, se utiliza 0,5 para ambas constantes.

Por tanto, y haciendo uso de la fórmula del primer punto, el tamaño muestral deseable para obtener unos datos con un 90% de confiabilidad y un margen de error del 15% es de $n = 30,028 = 30$ encuestas. Se trata de un tamaño muestral de coste económico-temporal razonable para ser llevado a cabo, y que en el ámbito en que va a ser empleado consta de una suficiente validez.

5.2.3. Análisis funcional y de costes

5.2.3.1. Identificación, caracterización y evaluación de funciones

5.2.3.1.1. Introducción

Se define como función de un producto la acción y efectos de este o de alguno de sus elementos. Es necesario discernir, de cara a su estudio y valoración posteriores, dos tipos de funciones esenciales que se dan en un producto:

por una parte, están las funciones relativas al usuario, aquellas que contemplan satisfacer las necesidades (o una parte de ellas) que la persona que va a utilizar el objeto espera del mismo; dentro de estas, es posible vislumbrar otras dos tipologías de función relacionadas íntimamente con la que trata este punto, que no son otras sino las funciones de uso (las cuales garantizan lo esperado del producto) y de estima (relacionadas con aspectos cualitativos como estética o ergonomía). Se dice íntimamente relacionadas con el producto ya que son de interés relativo al usuario y al mercado que tiene el producto.

por otra se encuentran las funciones relativas al producto, las cuales se catalogan como acciones o interacciones generadas por el producto para asegurar el cumplimiento de las anteriores (funciones relativas al usuario).

Esto sería hablando de aquellas funciones que “aprovecha” el usuario del producto en cuestión, siendo cierto que hay otra serie de funciones que, en lugar de aportar al conjunto, terminan teniendo un impacto negativo en el mismo. Se habla en este caso de funciones indeseadas (que tiene efectos desfavorables al usuario), y de funciones innecesarias (le restan valor al producto ya que están ahí, pero no son de utilidad y/o ayuda al usuario para satisfacer sus necesidades). El objetivo existente con este tipo de funciones no es otro que o bien amortiguar su impacto, o bien erradicarlas del producto, puesto las mismas no aportan al proyecto de objeto funcional.

Para determinar una función asociada a un producto, es necesario que tenga la estructura verbo + nombre (acción + sobre qué se aplica la acción); los elementos de una función son los componentes, piezas y operaciones que se requieren para ejecutarla.

Con estos dos últimos apuntes, se puede dar por finalizado el prelude a la identificación de las funciones como tal.

5.2.3.1.2. Identificación de funciones: el proceso

Como se puede deducir del apartado anterior, el diseñador afronta el hecho de identificar las funciones de un producto como una tarea compleja y de verdadera importancia. En el caso que ocupa a este trabajo, se tratará de dar un enfoque práctico al método, descomponiendo el producto ya existente para evaluar la aportación funcional de cada pieza, y creando un diagrama representativo de la estructura funcional de la carretilla (diagrama FAST o diagrama de la técnica sistemática de análisis funcional).

Despiece

Las carretillas agrícolas objeto de estudio, si bien no son exactamente iguales, comparten unos estándares de diseño y funcionamiento. Dado que no va a variar excesivamente su valoración, se escoge como modelo que acompañará este breve estudio una carretilla con las siguientes características (Figura 21):



Figura 21: Carretilla empleada para las mediciones

- Material: Acero S235JR
- Anchura extensible: desde 400 mm a unos 650 mm, sacando la sección de menor diámetro de la plataforma y fijándola con un tornillo.
- La parte de las asas tiene una sección diferente a la de la base: los extremos de estas barras están soldados entre sí.

Haciendo un ejercicio de vista explosionada de esta se pueden observar los componentes que siguen:

- Una plataforma de carga, compuesta por un rectángulo que forman dos perfiles rectangulares (de refuerzo) soldados a dos perfiles tubulares donde a su vez se insertan, en cada extremo de estos, un perfil de menor diámetro al que va soldado un perfil tipo "L" que hace las veces de lateral de la plataforma
- 4 tuercas y tornillos de fijación para las partes insertables de la plataforma
- Dos partes de estructura base, perfiles tubulares doblados 105° por dos veces
- Dos asas, perfiles tubulares doblados 90° en su parte central dos veces
- Dos ejes metálicos, bruñidos en sus extremos y con una hendidura para insertar anillos de retención
- Cuatro arandelas metálicas
- Cuatro llantas de material plástico
- Cuatro anillos de retención
- Cuatro neumáticos

Además, como procesos que aportan al conjunto, una capa exterior de pintura en polvo y varios cordones de soldadura.

Relaciones internas

Siguiendo el orden de elementos anterior, se comenta la función de cada uno de los elementos del producto, focalizándose sobre todo en la relación con los otros elementos de la carretilla.

La plataforma de carga es la unión de dos partes extraíbles (cada una se conforma de un perfil recto tipo “L” con dos perfiles rectos de sección circular unidos mediante soldadura) que forman las partes laterales de la misma con una estructura fija que posee dos refuerzos (perfiles rectangulares) soldados a una distancia equidistante de la línea central de la carretilla a otros dos perfiles tubulares, que tienen soldadas una tuerca en cada uno de sus extremos por donde insertar los tornillos de ajuste de las partes extraíbles (laterales de la carretilla). ¿Dónde se sustenta la plataforma de carga? En lo que se puede llamar estructura base, formado por dos perfiles tubulares doblados en dos puntos con un ángulo de 105° con respecto a la normal al plano de la plataforma. 4 cordones de soldadura son la unión fija entre la plataforma y esta estructura de operación. Uniendo los extremos que comparten lado, se encuentran soldados los perfiles que hacen las veces de asas, doblados dos veces 90° buscando una forma de rectángulo sin una de sus bases. Dos ejes se unen mediante soldadura a la estructura base, repartiendo las solicitaciones a las que se ve sometida la carretilla entre las 4 ruedas; para mantenerlas en su sitio, el conjunto llanta-neumático se fija con anillas de retención, ajustadas al tamaño del eje e insertas en una pequeña hendidura dispuesta en la parte más exterior del mismo; en la parte interior de la llanta, se dispone soldada una anilla metálica con un diámetro exterior similar al de la parte de desgaste de la llanta. La pintura representa 2 funciones: decorativa, haciendo el diseño de la carretilla más llamativo y de mayor calidad, y de protección anticorrosiva.

Relaciones externas

Al igual que antes, se aporta un comentario de la secuencia de trabajo tipo de una carretilla agrícola manteniendo el orden elemental.

El usuario deposita la carga sobre la plataforma, generalmente mientras está recolectando las hortalizas; ajusta el ancho de la plataforma con los tornillos de retención en función del tipo de cajas que vaya a utilizar, y la coloca a una altura que no debe diferir demasiado de la de recolección, y la cual es la suma de la altura estructural de la carretilla (altura desde la parte del suelo donde contactan las ruedas hasta la base de la plataforma de carga) y la de la caja que se está llenando. Mientras se desplaza por la línea de cultivo, el operario debe mantener la carretilla en una posición cercana, teniendo que aplicar una determinada fuerza (no debe resistirse demasiado el movimiento de esta para no suponer un sobreesfuerzo) para rodarla: el peso que soporta la plataforma (con un centro de gravedad ideal en el punto central de la misma y a una altura de unos 20 cm desde la base de la misma) es repartido por igual entre las ruedas, ya que en un funcionamiento normal la carga se reparte de manera simétrica (ya sea en sentido paralelo o perpendicular a los ejes).

La fuerza de avance que el operario ejerce sobre la estructura obedece, si se toma esta de manera simplificada, a un simple problema físico: esta fuerza debe superar a la fuerza de rozamiento, que en este caso dependería directamente del factor de rozamiento existente entre el neumático de la carretilla y el terreno de la finca (factor μ), la aceleración propia de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$) y el peso total de la carretilla (peso propio + carga). Esta fuerza la aplicará el operario asiendo la parte de la estructura que se encuentra doblada a tal

efecto a una altura relativamente cómoda para su manejo, y obviamente, es menor que la fuerza que debería emplear para cargar dicha caja manualmente.

El eje, al contrario que en cualquier vehículo a motor, actúa simplemente como pivote para la rueda (conjunto de llanta + neumático); fijo con respecto a la estructura (recordar que se encuentran unidos mediante soldadura). Con efecto de evitar el desplazamiento en sentido axial de las llantas, se colocan, a presión, unas anillas de retención sobre el eje, haciendo que su posición quede fijada en cuanto a movimientos laterales, a la vez que permite la rotación. El neumático se encarga de hacer de contacto con el firme a través de su banda de rodadura, es un elemento ligero y duradero que reduce el peso conjunto de la rueda y permite cierta amortiguación en firmes irregulares, como es el caso mayoritario en este trabajo.

5.2.3.1.3. Listado de funciones relativas a la carretilla agrícola objeto de este estudio

Una vez estudiadas las piezas de manera individual, en relación con el resto de la carretilla y con relación a los agentes externos de la mismas, se procede a listar las funciones identificadas, así como dar una breve explicación de estas. Todas ellas quedarán relacionadas en un diagrama FAST (acrónimo de Técnica Sistemática de Análisis Funcional, Figura 22):

FUNCIÓN I. Transportar cajas

La carretilla se proyecta y emplea principalmente como herramienta de apoyo en las labores del campo, permitiendo al usuario una logística interna entre el punto de recogida de las hortalizas y el punto de carga de las cajas más rápida y menos esforzada.

FUNCIÓN II. Soportar una carga

La carretilla debe ser capaz de mantener el peso de las cajas con el cultivo recolectado sin comprometer la integridad de la estructura. Se proyecta el diseño contando con un margen de seguridad sobre la masa límite a transportar.

FUNCIÓN III. Tener movimiento

Uno de los elementos fundamentales de la Historia de la humanidad es de vital importancia aquí. La idea es facilitar el transporte de una masa pesada; poder rodar la carga paralelamente al firme es clave.

FUNCIÓN IV. Poseer una estructura rígida y estable

No hay que perder nunca la perspectiva con respecto a la importancia de una carretilla agrícola, puesto que durante su uso se manejan cantidades de dinero nada despreciables (entre cultivo y trabajo de recolección). Es por ello por lo que asegurar una firmeza y ausencia de vibraciones en el desplazamiento y carga de las cajas tiene suma importancia.

FUNCIÓN V. Asegurar ergonomía del operario

Volviendo a tratar la carretilla como una herramienta de apoyo, es necesario adecuar las dimensiones de esta a unas posiciones de manejo y carga/descarga que no supongan una mala higiene postural para el usuario durante el trabajo. La altura de las asas y de la plataforma, amén de la fuerza que debe aplicar el usuario para manejar la carretilla controlan esta función.

FUNCIÓN VI. Ser duradera

Si bien depende del trato que el usuario le brinde, los materiales con los que esté construida la carretilla deberían permitir un uso prolongado de la misma en condiciones normales sin fatigar en exceso la estructura ni sufrir un desgaste elevado en las piezas de rodadura.

FUNCIÓN VII. Tener un mantenimiento sencillo

Al ser un aparato mecánicamente simple, el mantenimiento de este se limita a una lubricación periódica o mantener una presión adecuada en los neumáticos.

FUNCIÓN VIII. Disponer de elementos auxiliares

Aparte de la funcionalidad principal, la carretilla puede asistir al operario en algunas otras tareas relacionadas con la recolección y el transporte dentro de la finca, así como adaptarse al trabajo que está desarrollando.

FUNCIÓN IX. Optimización del diseño

Se debe asegurar que la carretilla cubre las necesidades que el cliente asume de ella, siendo esta parte del diseño la que mayores recursos debe tener asignados. El resto de las funciones, si bien no son accesorias, no tienen la misma magnitud, por lo que su planteamiento depende más del proyectista y de cómo emplea los recursos a su disposición.

FUNCIÓN X. Empleo de materiales adecuados

Materiales que tengan un equilibrio interesante entre propiedades físicas e impacto económico.

FUNCIÓN XI. Uso de piezas similares/estándar

Con ello se facilitan los procesos de aprovisionamiento, fabricación, montaje, reparación y retirada del servicio; afecta a todos los niveles de la vida del producto.

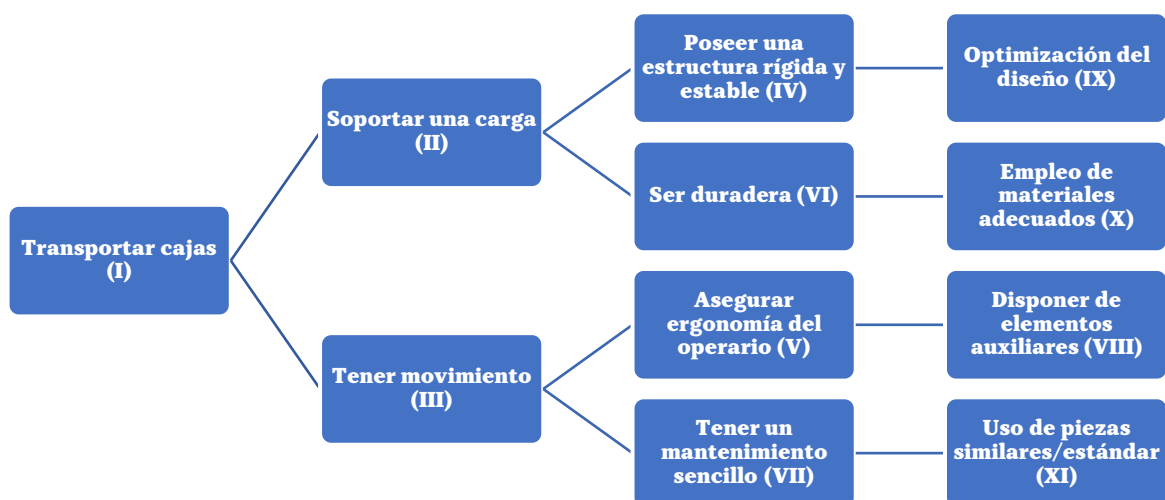


Figura 22: Diagrama FAST de las funciones determinadas

5.2.3.2. Estimación de costes

Uno de los objetivos (o, mejor dicho, restricciones) que se debe establecer previamente al rediseño del producto es el techo de gasto que existe para llevar a cabo dicho replanteamiento.

El trabajo de despiece ya se hizo durante la fase de identificación de funciones, por lo que se procede a hacer un listado con el precio estimado para cada elemento de la carretilla:

- Elementos metálicos (Figura 23)

| Elemento | Ud. | Dim. (mm) | Masa (g) | P. parcial (€/kg) | P. total (€) |
|--------------------|-----|-------------------------|----------|-------------------|--------------|
| Perfil circular | 2 | 400x25 ($e = 2$) | 235,24 | 1,03 €/kg | 0,485 |
| Perfil extraíble | 4 | 170x20 ($e = 2$) | 79,15 | 1,03 €/kg | 0,326 |
| Perfil "L" | 2 | 865x30x30 ($e = 2$) | 782,65 | 1,03 €/kg | 1,612 |
| Perfil rectangular | 2 | 845x20x10 ($e = 1,5$) | 533,87 | 1,03 €/kg | 1,100 |
| Perfil asas | 2 | 1000x25 ($e = 2$) | 588,11 | 1,03 €/kg | 1,212 |
| Perfil base | 2 | 1200x20 ($e = 2$) | 558,70 | 1,03 €/kg | 1,151 |
| Eje | 2 | 400x20 ($e = 2$) | 186,23 | 1,03 €/kg | 0,384 |
| | | | | | 6,27 |

Figura 23: Elementos metálicos del modelo de partida

- Otros elementos (Figura 24)

| Elemento | Ud. | Dim. (mm) | Masa (g) | P. parcial (€) | P. total (€) |
|---------------------|-----|---------------------|----------|-----------------------|--------------|
| Arandela | 4 | 37 – 21 ($e = 3$) | - | 11,82 €/50 ud | 0,946 |
| Anillo de retención | 4 | 22 | - | 6,01 €/50 ud | 0,480 |
| Llanta plástica | 4 | — | - | Incluida en neumático | 0 |
| Neumático 3,50-8 | 4 | — | - | 2,88 €/ud | 11,52 |
| | | | | | 12,95 |

Figura 24: Otros elementos del modelo de partida

5.2.3.3. Índices de valor

Con objeto de cerrar esta sección y dejar al fin de esta una visión clara de aquellos componentes que presentan una mayor importancia funcional, es necesario elaborar dos matrices que ayudarán de forma objetiva y numérica a dicha clasificación. Dichas matrices las va a proporcionar la metodología de Análisis del Valor como herramientas auxiliares.

La primera matriz (Necesidades-Funciones) va a determinar el nivel de importancia que las funciones anteriormente listadas tienen a la hora de desarrollar aquellas acciones que cumplen las necesidades requeridas por el cliente. Es por ello por lo que se precisa realizar una lista de necesidades, similar a la realizada para las funciones, en base a lo obtenido durante la realización de las encuestas y el análisis intuitivo del producto.

5.2.3.3.1. Lista de necesidades

NECESIDAD I. Ergonomía

Es clave que la herramienta de trabajo facilite las labores de recolección y transporte al operario.

NECESIDAD II. Estandarización del diseño

Punto de interés para fabricante y cliente, ya que un uso de piezas estandarizadas ayuda a conseguir un precio más atractivo y facilita la búsqueda de repuestos.

NECESIDAD III. Versatilidad

Uso de la carretilla para otro tipo de trabajos diferentes al proyectado, ya sea con el diseño inicial o con la posibilidad de personalizar el mismo, bien sea transformando el diseño inicial mediante algún mecanismo o personalizando el diseño añadiendo partes.

NECESIDAD IV. Mantenimiento sencillo

La comodidad y eficacia en el uso de la carretilla se apoyan en gran parte en el factor mencionado, ya que una puesta a punto sencilla requiere menor tiempo y coste invertidos en ella.

NECESIDAD V. Seguridad

Desarrollar el trabajo sin incidentes debe ser una prioridad en toda labor

NECESIDAD VI. Bajo coste

Muy demandada por los clientes, por lo que se tratará de ajustar al máximo esta variable

NECESIDAD VII. Materiales de calidad

La vida útil que demandan los clientes debe ser cubierta, por lo que el uso de materiales resistentes es otra de las prioridades

NECESIDAD VIII. Tamaño flexible

Una opción deseable para aquellos clientes que trabajan varios cultivos (y, por ende, trabajan con distintos tipos de cajas); adaptarse a sus necesidades es un punto positivo.

NECESIDAD IX. Robustez y estabilidad

Hay que asegurar que la carga no se va a dañar durante el transporte, por ello es importante garantizar que no se den vibraciones indeseadas ni posiciones de riesgo.

5.2.3.3.2. Sistema de evaluación de las necesidades

Una vez conocidas las necesidades, se procede a consultar el estudio nuevamente, a modo de asignar a cada una de ellas la importancia relativa que para el cliente tienen y que es un valor de entrada directa en la matriz funciones-necesidades que se busca construir. Dado que no existe una metodología concreta para ponderar esta importancia, se va a seguir una serie de cálculos matemáticos para obtenerlos porcentualmente, la cual se explica a continuación:

Fase 1: Extraer de las preguntas de valoración que se hicieron en el estudio de mercado (19, 21 y 24) una graduación porcentual de la importancia de las características a las que cada cuestión hace referencia (Figura 26). Este valor porcentual es del 100% siempre y cuando las 30 opiniones recabadas consideren la función o funcionalidad a valorar con el máximo

de puntuación, esto es; en todas estas preguntas se cuestiona al interpelado a que valore una serie de características o afirmaciones en base a 5. La mayor de las puntuaciones conlleva sumar un punto, la segunda, medio, la opinión neutral ni suma ni resta, la opinión totalmente negativa comprende restar un punto y la menos negativa, medio punto. Para dejar el criterio completamente claro se adjunta la siguiente tabla (Figura 25):

| Grado | Equivalencias | | | Peso |
|-------|------------------|--------------------------|------------------|-------|
| 5 | Muy satisfecho | Totalmente de acuerdo | Muy interesante | + 1 |
| 4 | Satisfecho | De acuerdo | Algo interesante | + 0,5 |
| 3 | Indiferente | Neutral | Indiferente | 0 |
| 2 | Insatisfecho | En desacuerdo | Poco interesante | - 0,5 |
| 1 | Muy insatisfecho | Totalmente en desacuerdo | Nada interesante | - 1 |

Figura 25: Ponderación de las evaluaciones procedentes del cliente potencial

Por tanto, el valor porcentual de importancia que tienen las características por las que se pregunta al cliente va a venir determinada por un valor ideal en el que dicha característica no debería ser susceptible de mejora alguna, ya que se sumarían 30 puntos en una muestra de 30 encuestados, y el resultado sería del 100%. Como ejemplo ilustrativo, se describe el cálculo detallado acerca de la satisfacción del cliente con la fiabilidad de su carretilla actual. El resto de los casos serán ampliamente descritos en el Anexo III (Evaluación de las necesidades), y presentados en forma de tabla a continuación del ejemplo.

Ejemplo de cálculo – Grado de satisfacción en cuanto a la fiabilidad de la última carretilla que compró

$$\text{Valoración (\%)} = \frac{(1 \cdot G5) + (0,5 \cdot G4) + (-0,5 \cdot G2) + (-1 \cdot G1)}{30} \cdot 100$$

Teniendo en cuenta que la siguiente pregunta ha obtenido 7 respuestas como “Muy satisfecho”, 20 como “Satisfecho”, 2 como “Insatisfecho” y 1 como “Muy insatisfecho”, se deduce que:

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 7) + (0,5 \cdot 20) + (-0,5 \cdot 2) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 50 \%$$

| Característica | Valoración (%) |
|---|----------------|
| Satisfacción con fiabilidad actual | 50,00 |
| Satisfacción con estética actual | 45,00 |
| Satisfacción con seguridad actual | 55,00 |
| Satisfacción con mantenimiento actual | 66,67 |
| Satisfacción con precio actual | 1,67 |
| Satisfacción con prestaciones actuales | 51,67 |
| Satisfacción con comodidad actual | 31,67 |
| Conformidad con carga suficiente actual | 41,67 |
| Conformidad con maniobrabilidad carretilla cargada actual | 8,33 |
| Conformidad con dimensiones actuales | 66,77 |
| Conformidad con estabilidad carga actual | 30,00 |
| Conformidad con riesgo choques actual | - 25,00 |
| Conformidad con riesgo atrapamientos actual | - 51,67 |
| Conformidad con adecuación ruedas actuales | 63,33 |
| Conformidad con facilidad encontrar repuestos actuales | 65,00 |
| Interés posibilidad giro | 91,67 |

| | |
|---|-------|
| Interés posibilidad menor peso | 56,67 |
| Interés posibilidad mayor capacidad | 65,00 |
| Interés posibilidad maniobrabilidad más fácil | 88,33 |
| Interés posibilidad carretilla modular | 66,67 |
| Interés posibilidad módulos adicionales | 48,33 |
| Interés precio menor | 96,67 |

Figura 26: Valoración porcentual de las características cuestionadas en el sondeo

Fase II: Una vez obtenida la valoración de las características por las que se pregunta en el estudio de mercado, el siguiente paso es cruzar esos datos con las necesidades anteriormente listadas. Partiendo de los datos de valoración obtenidos en la fase I (que mide interés, conformidad y satisfacción, esto es, relación del cliente con el producto), se pretende obtener un valor numérico que relacione dichas características con necesidades (Figura 27). Para ello, se emplearán las siguientes fórmulas:

$$N - C_1 = (1 - \text{Valoración}) \cdot \frac{\text{Importancia}}{10}$$

$$N - C_2 = (\text{Valoración}) \cdot \frac{\text{Importancia}}{10}$$

Donde,

- $N - C$ es el índice necesidad-característica, un valor numérico que gradúa la importancia de la característica a la hora de cubrir una necesidad determinada, que a su vez se autorregula con la importancia que para el cliente tiene dicha característica. Es por ello el que se hace una distinción entre las fórmulas, para determinar cuáles de ellas tienen connotación positiva a la hora de hablar de mejoras (interés) y cuales deben aportar menos (conformidad, satisfacción con lo actual). Esto es debido a que el porcentaje de valoración de las primeras es mayor cuanto más percibe el cliente la necesidad de cambio; y en las segundas este porcentaje es mayor cuando el usuario está más conforme con lo ya ofrecido, y por tanto no hay necesidad de modificación.
- Valoración es la importancia, esta vez expresada en tanto por uno, que para el cliente tiene la característica analizada
- Importancia es un valor entre 0 (mínimo) y 10 (máximo), y que determina como de clave es la característica analizada para cumplir con una necesidad determinada

Con esta metodología de cálculo, se obtiene un valor ponderado entre necesidad, característica que la cumple, e importancia de dicha característica, reduciendo el sesgo al emplear dos entradas (cliente y proyectante). Como en el caso de la fase precedente, se procede a detallar el cálculo del primer caso; los restantes se verán reflejados en la tabla subsiguiente.

Ejemplo de cálculo – Grado de satisfacción en cuanto a la fiabilidad de la última carretilla que compró

En este caso se obtuvo una valoración de 50% para una característica de menor aporte; por otro lado, se determina que esta característica afecta hasta a 3 de las necesidades que debe cumplir el producto, las cuales son mantenimiento sencillo (con una importancia de 8 sobre 10), uso de materiales de calidad (10 sobre 10) y robustez y estabilidad (4 sobre 10), luego:

Mantenimiento sencillo para grado de satisfacción en cuanto a la fiabilidad de la última carretilla que compró

$$N - C = (1 - 0,5) \cdot \frac{8}{10} = 0,4$$

Uso de materiales de calidad para grado de satisfacción en cuanto a la fiabilidad de la última carretilla que compró

$$N - C = (1 - 0,5) \cdot \frac{10}{10} = 0,5$$

Robustez y estabilidad para grado de satisfacción en cuanto a la fiabilidad de la última carretilla que compró

$$N - C = (1 - 0,5) \cdot \frac{4}{10} = 0,2$$

| Característica | Necesidad | | | | | | | | |
|---|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| Satisfacción con fiabilidad actual | | | | 0,400 | | | 0,500 | | 0,200 |
| Satisfacción con estética actual | | | | | | | 0,220 | | |
| Satisfacción con seguridad actual | | | | | 0,450 | | | | 0,225 |
| Satisfacción con mantenimiento actual | | 0,267 | | 0,333 | | 0,133 | | | |
| Satisfacción con precio actual | | 0,590 | | 0,393 | | 0,983 | -0,295 | | |
| Satisfacción con prestaciones actuales | 0,097 | | 0,387 | | | | 0,0967 | 0,387 | |
| Satisfacción con comodidad actual | 0,683 | | | | | | | | 0,410 |
| Conformidad con carga suficiente actual | 0,233 | | | | | | 0,233 | | 0,233 |
| Conformidad con maniobrabilidad carretilla cargada actual | 0,917 | | | | 0,183 | | | | 0,550 |
| Conformidad con dimensiones actuales | | | | | | | | 0,332 | |
| Conformidad con estabilidad carga actual | | | | | 0,420 | | 0,140 | | 0,700 |

| | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Conformidad con riesgo choques actual | | | | | -0,200 | | | | |
| Conformidad con riesgo atrapamientos actual | | | | | -0,413 | | | | |
| Conformidad con adecuación ruedas actuales | 0,293 | | | | | | | | |
| Conformidad con facilidad encontrar repuestos actuales | | 0,280 | | 0,280 | | 0,070 | | | |
| Interés posibilidad giro | 0,733 | | | | | | | | |
| Interés posibilidad menor peso | 0,340 | | | | | | 0,113 | | |
| Interés posibilidad mayor capacidad | | | | | | | 0,130 | 0,390 | -0,130 |
| Interés posibilidad maniobrabilidad más fácil | 0,883 | | | | | | | | 0,530 |
| Interés posibilidad carretilla modular | | 0,400 | 0,267 | 0,267 | | 0,267 | | | |
| Interés posibilidad módulos adicionales | 0,290 | 0,097 | 0,387 | | | | | 0,193 | |
| Interés precio menor | | 0,580 | | 0,387 | | 0,967 | -0,193 | | |

Figura 27: Tabla de cálculo grados de satisfacción

Fase III: Toda vez que se establece un valor numérico que relaciona característica evaluada por el cliente potencial y necesidad a cumplir por el objeto, es hora de determinar el peso porcentual de cada una de las necesidades en cuanto a importancia en el conjunto. Este dato era el que se buscaba conseguir ejecutando este sistema de ponderación, donde todos los actores referentes al rediseño tienen un peso específico.

Para ejecutar esta fase, se hace una sumatoria lineal del valor numérico de cada necesidad, tantas veces como aparezca en características analizadas. Dividiendo la sumatoria de cada necesidad individual entre el total, se tiene el tanto por uno de relevancia de cada una en el conjunto, como se puede ver en las siguientes fórmulas:

$$N_i = \sum N_i$$

$$Necesidad\ i\ (\%) = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^9 N_i} \cdot 100$$

Como en las fases anteriores, se adjunta un ejemplo de cálculo, y los datos completos en una tabla y gráfico resumen (Figuras 28-29).

Ejemplo de cálculo – Necesidad I (Ergonomía)

$$N_I = 0,097 + 0,683 + 0,233 + 0,917 + 0,293 + 0,733 + 0,340 + 0,883 + 0,290 = 4,469$$

$$Necesidad\ I = \frac{4,469}{17,609} \cdot 100 = 25,38\%$$

| Necesidad | Sumatoria | Peso total (%) |
|-----------|-----------|----------------|
| I | 4,469 | 25,38 |
| II | 2,214 | 12,57 |
| III | 1,041 | 5,91 |
| IV | 2,060 | 11,70 |
| V | 0,440 | 2,50 |
| VI | 2,420 | 13,74 |
| VII | 0,945 | 5,37 |
| VIII | 1,302 | 7,39 |
| IX | 2,718 | 15,44 |

Figura 28: Tabla resumen peso necesidades

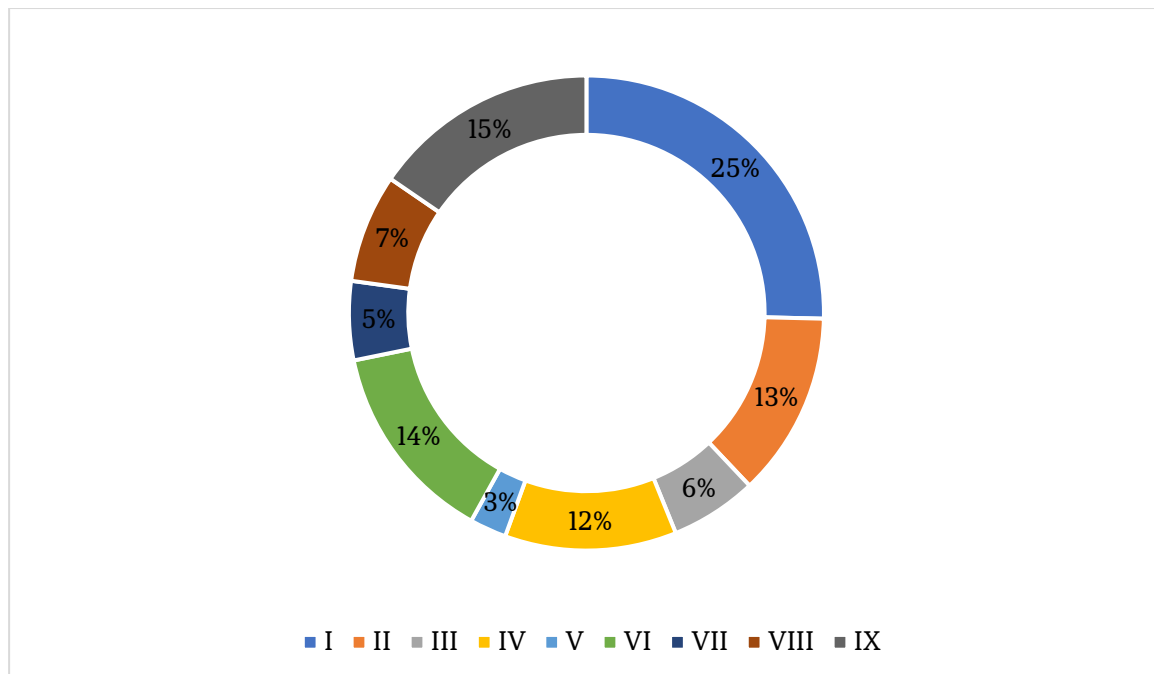


Figura 29: Peso porcentual necesidades

Una vez se ha llegado al resultado deseado, una graduación de importancia en términos relativos de las necesidades que debe cumplir la carretilla, en base a las opiniones expresadas por el cliente potencial y los aspectos técnicos aportados por el proyectista. Ahora se puede cambiar de fase y cruzar estos datos con las funciones inherentes al objeto de diseño y como estas tienen un valor relativo para el cumplimiento de las necesidades, ya calificadas.

5.2.3.3.3. Matriz necesidades-funciones

A partir de los datos anteriores, en los que la relación entre necesidades que debe cumplir la carretilla y la opinión del cliente sobre diferentes aspectos que contribuyen a cumplir esas necesidades, es hora de dar un paso más, y dimensionar la relevancia que tienen las funciones propias del objeto de análisis para cumplimentar dichas necesidades. No se trata de una vuelta al punto anterior, ya que si bien eran una serie de características las

que hacían cumplir las necesidades requeridas por el cliente, en este caso toca poner el foco en las funciones concretas que se obtuvieron al inicio de esta sección. Evaluando estas dos características conjuntamente, se obtendrán una serie de valores porcentuales que ayuden a determinar la importancia de cada función dentro del conjunto.

A continuación, se reflejan primero la tabla de cálculo vacía (para comprobar la metodología y nomenclaturas, Figura 30), y posteriormente cumplimentada con los datos del proyecto (Figura 31).

| Func. Nec. | FI | FII | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | F _I | % Imp. |
|----------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|------------------|
| NI | (1) PT _I · (1) | | | | | | | | | | | | PT _I |
| NII | | | | | | | | | | | | | PT _{II} |
| ... | | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | | ... |
| N _j | | | | | | | | | | | | | PT _j |
| VTF | (2) | | | | | | | | | | | | $\sum VTF$ |
| % VTF | (3) | | | | | | | | | | | | 100% |

Donde,

- 1. Relevancia de la función para llevar a cabo la necesidad evaluada en cada fila, baremada del 0 al 5 (de irrelevante a muy relevante)
 - 2. Sumatoria de la relevancia de cada función para cumplir las necesidades observadas en la carretilla
 - 3. Peso porcentual de la relevancia de cada función en el total de las funciones atribuibles al objeto de rediseño
- VTF es valor total de la función y PT es peso total porcentual de la necesidad en el conjunto (dato de partida)

Figura 30: Matriz necesidades vs. funciones

| Func. Nec. | FI | FII | FIII | FIV | FV | FVI | FVII | FVIII | FIX | FX | FXI | % Imp. |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| NI | 5 | 4 | 4 | 2 | 5 | 0 | 2 | 4 | 1 | 0 | 1 | 25,38 |
| | 1,269 | 1,015 | 1,015 | 0,508 | 1,269 | 0 | 0,508 | 1,015 | 0,254 | 0 | 0,254 | |
| NII | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 12,57 |
| | 0,000 | 0,251 | 0,126 | 0,251 | 0,126 | 0,251 | 0,629 | 0,503 | 0,629 | 0,377 | 0,629 | |
| NIII | 0 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 5,91 |
| | 0,000 | 0,236 | 0,177 | 0,236 | 0,118 | 0,059 | 0,059 | 0,296 | 0,177 | 0,059 | 0,059 | |
| NIV | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 5 | 5 | 1 | 2 | 4 | 5 | 11,70 |
| | 0,000 | 0,000 | 0,234 | 0,000 | 0,234 | 0,585 | 0,585 | 0,117 | 0,234 | 0,468 | 0,585 | |
| NV | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2,50 |
| | 0,050 | 0,100 | 0,100 | 0,125 | 0,125 | 0,025 | 0,000 | 0,000 | 0,050 | 0,000 | 0,000 | |
| NVI | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 5 | 3 | 4 | 13,74 |
| | 0,000 | 0,137 | 0,000 | 0,275 | 0,275 | 0,412 | 0,550 | 0,137 | 0,687 | 0,412 | 0,550 | |
| NVII | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 1 | 3 | 5 | 1 | 5,37 |
| | 0,161 | 0,215 | 0,107 | 0,215 | 0,215 | 0,269 | 0,215 | 0,054 | 0,161 | 0,269 | 0,054 | |
| NVIII | 5 | 2 | 2 | 3 | 5 | 1 | 0 | 3 | 4 | 1 | 3 | 7,39 |
| | 0,370 | 0,148 | 0,148 | 0,222 | 0,370 | 0,074 | 0,000 | 0,222 | 0,296 | 0,074 | 0,222 | |
| NIX | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 0 | 15,44 |
| | 0,772 | 0,772 | 0,618 | 0,772 | 0,772 | 0,618 | 0,309 | 0,154 | 0,618 | 0,618 | 0,000 | |
| VTF | 2,622 | 2,875 | 2,525 | 2,604 | 3,503 | 2,293 | 2,853 | 2,498 | 3,105 | 2,276 | 2,351 | 29,505 |
| % VTF | 8,89 | 9,74 | 8,56 | 8,82 | 11,87 | 7,77 | 9,67 | 8,47 | 10,52 | 7,72 | 7,97 | 100,00 |

Figura 31: Matriz necesidades vs. funciones calculada

Mediante la representación gráfica que sigue a estas líneas (Figura 32), es posible observar gráficamente la importancia de las funciones propias de la carretilla, que igualmente aparecen listadas a continuación (Figura 33)

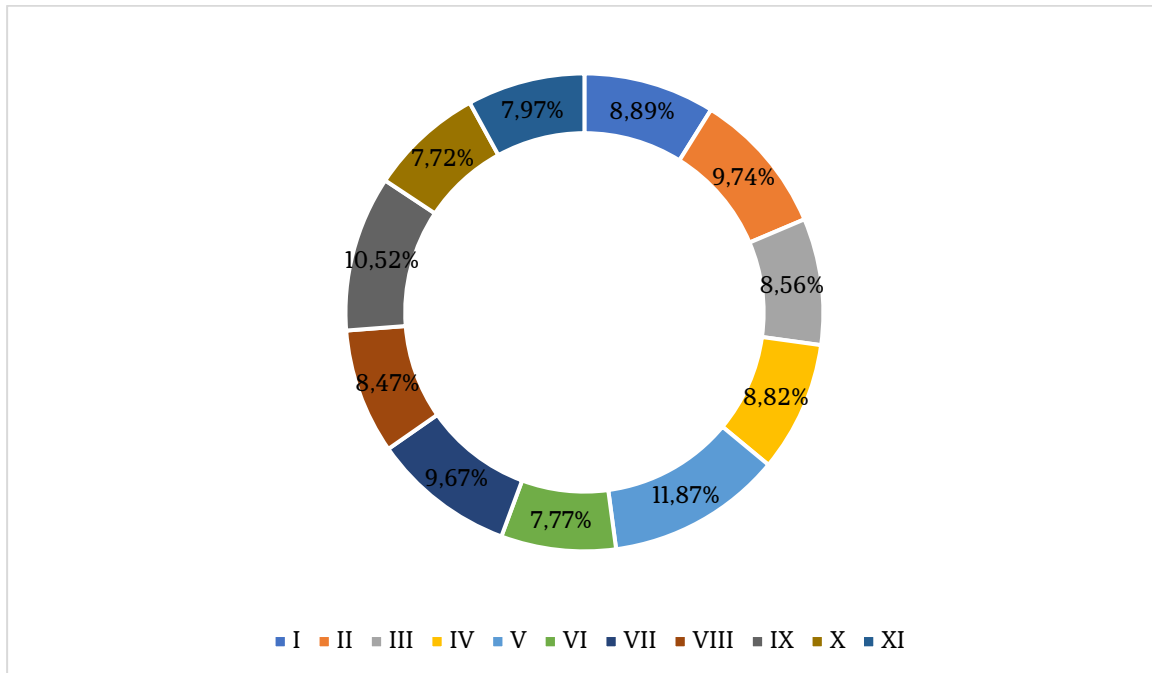


Figura 32: Importancia relativa de las funciones de la carretilla

| Posición | % Valor | Función |
|----------|---------|--|
| 1 | 11,87 | V. Asegurar ergonomía del operario |
| 2 | 10,52 | IX. Optimización del diseño |
| 3 | 9,74 | II. Soportar una carga |
| 4 | 9,67 | VII. Tener un mantenimiento sencillo |
| 5 | 8,89 | I. Transportar cajas |
| 6 | 8,82 | IV. Poseer una estructura rígida y estable |
| 7 | 8,56 | III. Tener movimiento |
| 8 | 8,47 | VIII. Disponer de elementos auxiliares |
| 9 | 7,97 | XI. Uso de piezas similares/estándar |
| 10 | 7,77 | VI. Ser duradera |
| 11 | 7,72 | X. Empleo de materiales adecuados |

Figura 33: Tabla resumen importancia relativa de las funciones de la carretilla

Como se podía extraer haciendo un análisis simplista de los datos aportados por los clientes potenciales, el asegurar la ergonomía del operario es la función que más valor aporta a la hora de cumplimentar las necesidades percibidas, principalmente por la alta demanda de cambio que los agricultores detectan en este punto concreto susceptible de rediseño. Con menos percepción de valor aparecen aspectos propios de la carretilla referentes a la fabricación de esta, y los cuales no conviene descuidar sino optimizar.

5.2.3.3.4. Matriz funciones-componentes

Esta matriz, en apariencia y contenidos similar a la presentada en el apartado anterior, tratará en este caso de finalizar la depuración de esa interpolación entre datos, funciones, necesidades y aspectos técnicos que forman parte del proceso de rediseño, y que consta de obtener una serie de porcentajes que esta vez describan la importancia relativa de cada componente.

Estos porcentajes de relevancia, conocidos formalmente como importancia funcional del componente, servirá para obtener el valor objeto de este punto tercero, el índice de valor de cada componente.

Al igual que en el caso anterior, se adjuntan la tabla de cálculo sin rellenar (Figura 34) y la tabla de resultados finales (Figura 35)

| Comp. Func. | CI | CII | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | C _I | % Imp. fun. |
|----------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|-------------|
| FI | (1) $VTF_I \cdot (1)$ | | | | | | | | | | | VTF_I |
| FII | | | | | | | | | | | | VTF_{II} |
| ... | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | ... |
| ... | | | | | | | | | | | | ... |
| F _j | | | | | | | | | | | | VTF_j |
| VTC | (2) | | | | | | | | | | | $\sum VTC$ |
| % VTC | (3) | | | | | | | | | | | 100% |

Donde,

- 1. Relevancia del componente determinado para llevar a cabo la función que es evaluada en cada fila, baremada del 0 al 5 (de irrelevante a muy relevante)
 - 2. Sumatoria de la relevancia de cada componente para cumplir las funciones inherentes a la carretilla
 - 3. Peso porcentual de la relevancia de cada componente en el total de los componentes del objeto de rediseño
- VTC es valor total del componente y VTF es valor total o importancia de la función (dato de partida)

Figura 34: Matriz funciones vs. componentes

| Comp. Func. | CI | CII | CIII | CIV | CV | CVI | CVII | CVIII | CIX | CX | % Imp. fun. |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| FI | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | 5 | 8,89 |
| | 0,445 | 0,356 | 0,445 | 0,445 | 0,445 | 0,445 | 0,356 | 0,000 | 0,000 | 0,445 | |
| FII | 5 | 4 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 0 | 0 | 5 | 9,74 |
| | 0,487 | 0,390 | 0,487 | 0,487 | 0,097 | 0,487 | 0,487 | 0,000 | 0,000 | 0,487 | |
| FIII | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 5 | 2 | 2 | 5 | 8,56 |
| | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,257 | 0,000 | 0,428 | 0,171 | 0,171 | 0,428 | |
| FIV | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 8,82 |
| | 0,441 | 0,441 | 0,441 | 0,441 | 0,441 | 0,441 | 0,441 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| FV | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 11,87 |
| | 0,237 | 0,475 | 0,237 | 0,237 | 0,475 | 0,237 | 0,237 | 0,119 | 0,119 | 0,356 | |
| FVI | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 | 7,77 |
| | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0,233 | 0,233 | 0,311 | |
| FVII | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 5 | 9,67 |
| | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,387 | 0,387 | 0,484 | |
| FVIII | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8,47 |
| | 0,254 | 0,254 | 0,254 | 0,254 | 0,339 | 0,339 | 0,169 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| FIX | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 4 | 10,52 |
| | 0,421 | 0,421 | 0,421 | 0,421 | 0,421 | 0,421 | 0,421 | 0,105 | 0,105 | 0,421 | |
| FX | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 7,72 |
| | 0,309 | 0,232 | 0,309 | 0,309 | 0,386 | 0,386 | 0,309 | 0,232 | 0,232 | 0,309 | |
| FXI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 7,97 |
| | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,399 | 0,399 | 0,399 | |
| VTC | 2,671 | 2,645 | 2,671 | 2,671 | 2,938 | 2,833 | 2,926 | 1,645 | 1,645 | 3,638 | $\sum VTC$ |
| % VTC | 10,16 | 10,06 | 10,16 | 10,16 | 11,18 | 10,78 | 11,13 | 6,26 | 6,26 | 13,84 | 100% |

Figura 35: Matriz funciones vs. componentes calculada

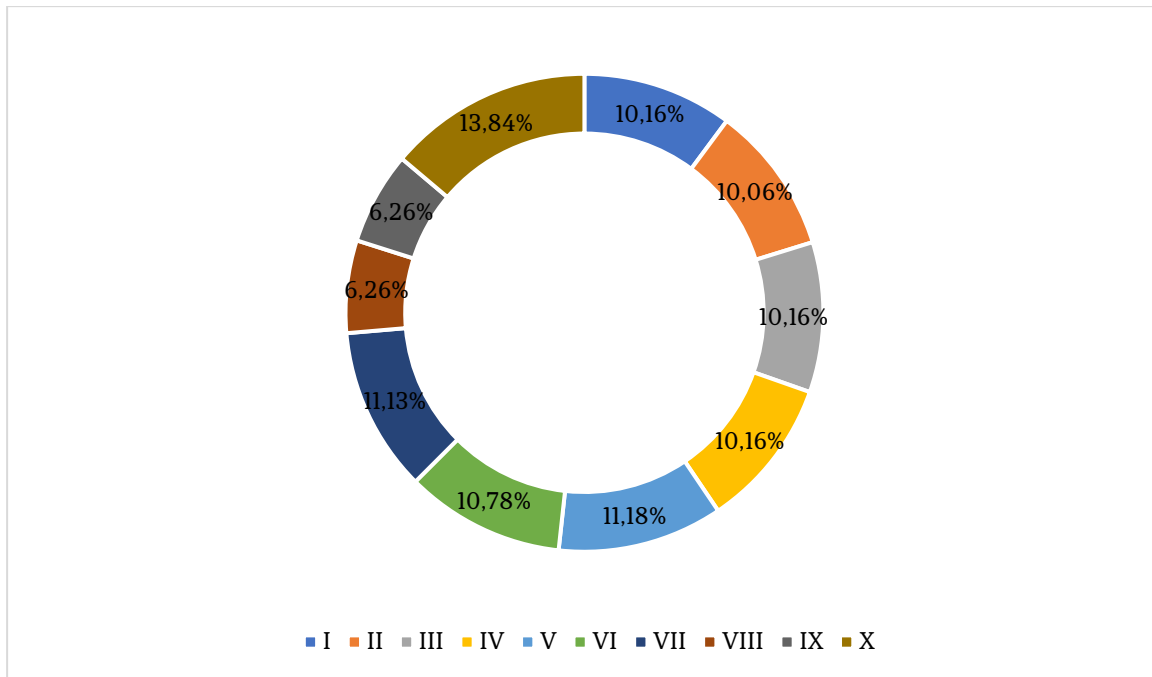


Figura 36: Importancia relativa de los componentes de la carretilla

| Posición | % Valor | Componente |
|----------|---------|------------------------|
| 1 | 13.84 | X. Neumático |
| 2 | 11.18 | V. Perfil asas |
| 3 | 11.13 | VII. Eje |
| 4 | 10.78 | VI. Perfil base |
| 5 | 10.16 | I. Perfil circular |
| " | 10.16 | III. Perfil "L" |
| " | 10.16 | IV. Perfil rectangular |
| 8 | 10.06 | II. Perfil extraíble |
| 9 | 6.26 | VIII. Arandela |
| " | 6.26 | IX. Anillo retención |

Figura 37: Tabla resumen importancia relativa de los componentes de la carretilla

De la ejecución de la matriz funciones-componentes, se pueden extraer una serie de conclusiones ayudándose de los resúmenes representados en las Figuras 36-37: el componente más valioso, en función a lo que aporta al funcionamiento de la carretilla a la hora de cumplir las necesidades, es el neumático. Dentro de la perfilería que forma las diferentes partes de la carretilla, es la de las asideras la que mayor relevancia tiene, seguida de cerca por el eje, que transmite la carga a los neumáticos.

5.2.3.3.5. Cálculo de los índices de valor

El último paso para calcular los índices de valor es cruzar los datos extraídos a lo largo de este punto, condensados en la importancia relativa de los componentes dentro del conjunto, esto es: la importancia de cada componente individual para llevar a cabo las funcionalidades de la carretilla que a su vez son las encargadas de llevar a cabo las necesidades que debe cubrir la carretilla, baremadas por el cliente y aspectos técnicos del proyectista. Se tienen en cuenta todas las opiniones con un método que reduce el sesgo de las partes, y es hora de emplear esos datos junto al coste de los componentes, de modo que se tiene un valor adimensional que relaciona el coste de un componente del conjunto

en función al aporte que realiza. La idea es maximizar dichos índices, para tener un producto con un valor superior al menor coste posible.

Los índices de valor de cada componente se calcularán a partir del peso económico del componente en cuestión con respecto al total haciendo uso de la fórmula que sigue:

$$IVC_i = \frac{\% VTC}{\% CTC}$$

Donde,

- IVC_i es el índice de valor de un componente i
- % VTC es el valor total del componente (relativo al conjunto)
- % CTC es el coste total del componente (relativo al conjunto)

| Componente | CI | CII | CIII | CIV | CV | CVI | CVII | CVIII | CIX | CX | Total |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| VTC | 2,671 | 2,645 | 2,671 | 2,671 | 2,938 | 2,833 | 2,926 | 1,645 | 1,645 | 3,638 | 26,284 |
| % VTC | 10,16 | 10,06 | 10,16 | 10,16 | 11,18 | 10,78 | 11,13 | 6,26 | 6,26 | 13,84 | 100% |
| CTC | 0,49 | 0,33 | 1,61 | 1,10 | 1,21 | 1,15 | 0,38 | 0,95 | 0,48 | 11,52 | 19,22 |
| % CTC | 2,52 | 1,70 | 8,39 | 5,72 | 6,31 | 5,99 | 2,00 | 4,92 | 2,50 | 59,95 | 100% |
| IVC | 4,03 | 5,93 | 1,21 | 1,78 | 1,77 | 1,80 | 5,57 | 1,27 | 2,51 | 0,23 | 26,10 |

Figura 38: Cálculo de los índices de valor de los componentes de la carretilla

Tanto en la tabla (Figura 38) como en la gráfica (Figura 39) en la que se representan los datos que de ella se pueden extraer, se comprueba que hay dos componentes que aportan un gran valor al conjunto con relación al coste que representan en el total; estos son el perfil extraíble, para regular las dimensiones de la plataforma, y el eje, que hace de nexo transmisor de carga y movimiento. Ambos son perfiles circulares de diámetro exterior 20 mm y espesor 2. Por otro lado, se advierte una clara desalineación de valor con los neumáticos, que presentan un índice demasiado bajo. Es un componente insustituible pero el elevado coste en relación al resto de la carretilla (60% del precio total) hace replantearse su presencia en el conjunto.

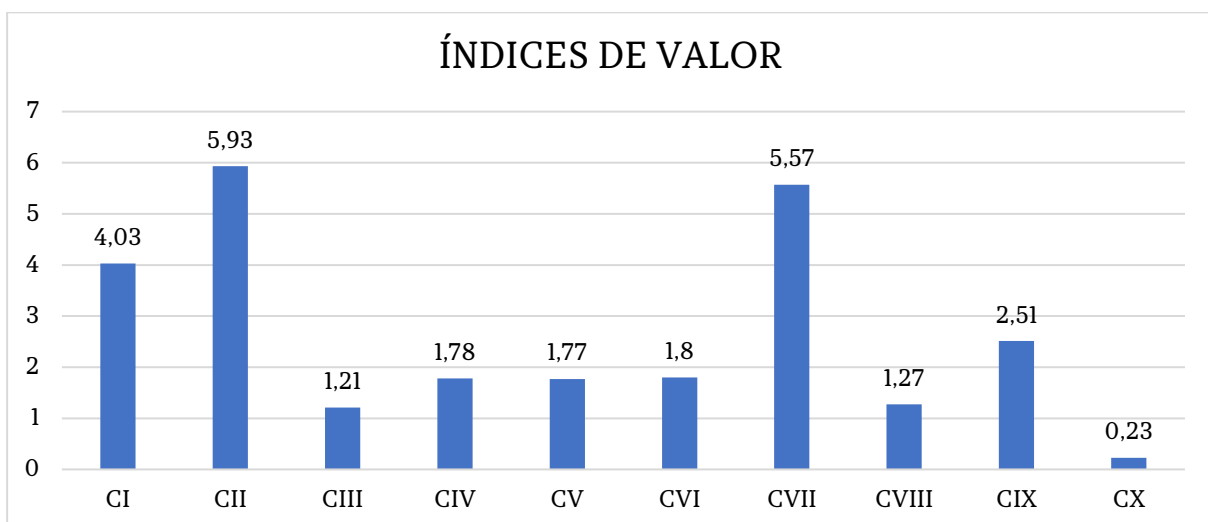


Figura 39: Representación gráfica de los índices de valor

5.2.4. Innovación y creatividad

5.2.4.1. Generación de ideas

El objetivo de la siguiente sección no es otro que conformar una lista de propuestas de diseño, con un grado de detalle tal que permita la ejecución de un proceso de selección similar al visto en la sección que precede a esta. Dichas propuestas, relativas al diseño y ejecución del producto, van a contener un listado de ideas que puedan aportar valor al producto final, ya sean factibles en mayor o menor medida; la revisión de los primeros bocetos e ideas como complemento y posible mejora de la propuesta final es un ejercicio que puede aportar un grado extra de calidad al producto, además de otorgar una visión más amplia del uso, funcionamiento y fabricación de la carretilla en aras de obtener un mayor aprovechamiento del estudio de mercado llevado a cabo (Mengoni & Germani, 2008).

Dicho esto, y teniendo en cuenta las conclusiones que se extrajeron al finalizar el mencionado estudio, se procede a elaborar una lista de ideas:

- Carretilla con 3 ruedas

Si hay un elemento de la carretilla que supone un coste muy superior a la función que desempeña (pero que, por otra parte, es insustituible), ese es el conjunto de ruedas. En el diseño tradicional de la misma, se repiten los diseños con dos ruedas por eje, aportando un componente de estabilidad debido al equilibrio en el reparto simétrico de peso entre las 4 ruedas. Para llevar a cabo esta idea, sería necesario igualmente variar el diseño que hace de soporte de la estructura sobre los ejes, ya que en el caso de mantenerlo sí que van a aparecer los problemas de estabilidad anteriormente mencionados, por lo que un nuevo planteamiento de la estructura base, que transmite la carga al suelo mediante las ruedas, es necesaria para soportar correctamente la carga, en condiciones de equilibrio y sin riesgo de sobreesfuerzos.

- Sistema de dirección

Una de las funcionalidades que, por demanda del mercado potencial, podrían hacer aumentar el valor del producto. Si bien su incorporación al conjunto no es tan sencilla como podría parecer en los bocetos que se usaron durante el estudio (ruedas locas que causarían problemas en la mayoría de los terrenos de cultivo), sí que es posible diseñar mecanismos de giro relativamente sencillos que puedan cumplir con la idea de facilitar el transporte de la cosecha con la carretilla. Sí que es conveniente tener en cuenta dos supuestos: la reducción del número de ruedas a 3 o seguir con 4, ya que para cada disposición se debe plantear un tipo de dirección u otra. En el caso de que sean 3 las ruedas empleadas, se puede sopesar el uso de un sistema de eje vertical similar al empleado en la dirección de una bicicleta; para una carretilla de 4 ruedas lo más conveniente sería emplear una estructura de dirección basada en el cuadrilátero de Ackermann.

- Modificar la barra de manejo

Debido a la naturaleza propia del producto, más de un operario va a hacer uso de sus servicios durante su vida útil. En una situación ideal, el operario adaptaría la altura de la barra de manejo a una zona confortable para su estatura, pero ello incurriría en un mayor coste debido a la necesaria inclusión de un mecanismo que regule dicha altura. Como solución de compromiso, la altura de la barra completa se fijaría en el límite máximo de lo recomendado por la norma UNE-EN 1757-3:2003 (1300 mm), y se añadirían dos empuñaduras extra, con anchura 150 mm y diámetro 30 mm, a las alturas 1200 mm y 1100 mm (valor mínimo de altura recomendado por la citada norma). Esta disposición

completaría el espectro de alturas, proporcionando una conducción de la carretilla más eficaz y con un esfuerzo controlado, a la vez que no supone un sobre coste excesivo para el producto final. Otra variante sería disponer de unas asas en perpendicular a la que sería la barra de dirección, de modo que el usuario puede sujetarse libremente de la posición que más confortable le parezca.

- Inclusión de un sistema de frenado

Previo a realizar ninguna propuesta en este aspecto, se debe aclarar que lo que se busca con el mencionado sistema es el bloqueo total o parcial de las ruedas de la carretilla, con objeto de inmovilizarla en zonas donde la pendiente pueda dificultar el trabajo. Para este cometido bastaría con impedir la rotación de las ruedas de un eje (dependiendo de la disposición de ruedas elegida, una o dos), empleando uno de los mecanismos de amplio uso en las ruedas locas como los frenos de bloqueo lateral o los de pedal. También se podría estudiar el uso de un trinquete en los ejes (o en uno de ellos), accionable mediante un mecanismo simple.

- Estructura colapsable

Como se sugirió durante el proceso de encuestado (sin entrar en detalle), una de las nuevas propuestas de diseño será la inclusión a la base de una estructura colapsable/auto montable de plástico, de modo que se pueda montar y desmontar con facilidad para aportar más estabilidad a la carga o emplear la carretilla en otros usos dentro de la finca.

- Uso de una plataforma como soporte estructural

Con motivo de optimizar el uso de elementos estructurales, una de las partes que se podría sustituir de manera más provechosa es la de los perfiles rectangulares que soportan el fondo de las cajas. A menudo los agricultores tienen que reforzar dicha parte para asegurar que las cajas se asientan correctamente y no se corre riesgo de caídas o movimientos innecesarios, generalmente con una plancha de madera que hace de la plataforma una superficie lisa. Una proposición de mejora en este aspecto sería la inclusión de una plataforma plástica (ya sea completa o dividida) que dotaría a la superficie de carga de una mayor uniformidad y estabilidad. Entre las posibilidades que ofrece esta idea se incluye el diseño de hendiduras con las dimensiones estándar de las cajas (que afianzan la carga como si se encontrasen apiladas), una optimización estructural (reducción de peso y perfiles empleados) y un mejor reparto de la carga, al disponerse de una superficie continua.

- Reducir número perfiles estructurales

Este punto es beneficioso a partes iguales para fabricante y cliente. Para la empresa industrial obtendría un sustancioso ahorro en el coste de la materia prima, pues sólo tendría que comprar un tipo de perfil en mayor cantidad, con lo cual podría negociar un *rappel* con su proveedor; igualmente, supondría un ahorro en almacenaje y transporte ya que no tendría que disponer de un stock de piezas mayor en variedad y menor en cantidad. Para el cliente, sus beneficios parten del punto anterior, ya que, si el costo industrial es menor, el precio de venta al público debería ir en consonancia.

- Estación de trabajo/módulo de confección

Si bien la inclusión de un módulo de confección es una idea que no tuvo una aceptación reseñable en el estudio llevado a cabo, se cree conveniente valorar dicha propuesta ya que a su vez es interesante en cuanto al aspecto ergonómico del conjunto, ya que

proporcionaría una superficie de trabajo al operario recolector a una altura apropiada para trabajar de pie, evitando así trabajar encorvado de manera continua.

- Emplear ruedas antipinchazos

Como se comentó con anterioridad, las partes de la carretilla que suponen un mayor porcentaje del coste final de producción son las ruedas; es un producto que se debe comprar a un fabricante externo, con lo cual el coste de este se ve incrementado. Asimismo, es el componente que tiene que ser reemplazado en un mayor número de casos por el cliente final, además de ser la parte de la carretilla que mayor mantenimiento precisa. Como no es posible reducir drásticamente el coste de las ruedas, y, por tanto, bajar el coste de fabricación, se puede intentar que el producto ofrecido no traiga consigo problemas adicionales al cliente. Es por tanto que pueden entrar a colación las ruedas de poliuretano elástico, que principalmente ofrecen al consumidor un servicio similar a los neumáticos en firmes irregulares, sin tener problemas de pinchazos (la superficie de rodadura es maciza, no hay cámara de aire) y con el añadido de ser más resistentes a agentes químicos que, debido a los tratamientos fitosanitarios de la finca, puedan estar presentes.

5.2.4.2. Restricciones a tener en cuenta

- Restricciones de carácter económico

Se debe establecer, por motivos debidamente comentados y clarificados durante el estudio de los datos de la encuesta, un techo de precio de venta al público de 75€ por unidad. Este precio se establece en función al coste actual del producto (en torno a los 60€) y el sobre coste que los potenciales clientes tomarían como aceptable si la carretilla aparte de desempeñar sus funciones esperables adquiere mejoras que, a su juicio, hagan el trabajo con la misma más sencillo o bien exista un componente afectivo en el rediseño que le dote de un mayor aspecto de calidad. Como se comentase en su momento, el objetivo es pasar de un producto valorado como correcto a un producto notable.

Las restricciones económicas implican a su vez a varios elementos referentes tanto al diseño, como a los materiales y el proceso de fabricación a emplear.

Sobre el diseño, limita la inclusión de elementos extra (refiriéndose con esto a sistemas de frenado o sistemas de dirección) e invita a una optimización de los elementos metálicos empleados en la estructura. Acerca de los materiales, dichas restricciones hacen que el proyectista tenga que buscar una solución de compromiso entre propiedades mecánicas y coste del material, siendo la segunda variable susceptible de minimizarse cuando se asegure la resistencia estructural. Por último, en cuanto a los procesos de fabricación, se buscará que sean lo más simples y uniformes posibles, es decir, no emplear piezas que requieran de torneado u otras operaciones complejas que incrementen el coste final de fabricación.

- Restricciones de carácter dimensional

Uno de los caracteres diferenciales del modelo de carretilla agrícola empleado en Almería con respecto a sus homónimos en el resto del mundo es lo reducido de sus dimensiones, teniendo la plataforma base en la mayoría de los casos menos de un metro en el mayor de sus lados por los casi 2 que ofertan de media los competidores extranjeros. Este hecho se debe a la fisionomía del invernadero de la región, con pasillos más cortos y estrechos que reducen la demanda de carga y limitan dimensionalmente el producto para no incurrir en maniobras dificultosas o imposibles. Por tanto, el rediseño que se proponga debe contemplar el ajustarse lo máximo posible a satisfacer las medidas de las cajas estándar

usadas en el campo almeriense: 400 x 300, 500 x 300 y 600 x 400 (en mm). Teniendo esto en cuenta, una plataforma de dimensiones efectivas 800 x 600 mm es la contemplada como ideal, ya que permite cargar, en base, dos cajas de 600 x 400 mm con su mayor dimensión perpendicular al lado más grande de la plataforma, y cuatro cajas del tamaño menor (400 x 300 mm), con su lado mayor paralelo a la mayor dimensión de la plataforma. Estas diferentes disposiciones tienen que ser tomadas en cuenta durante el diseño de la plataforma que hará las veces de superficie, ya que se deben realizar una serie de hendiduras para aprovechar las solapas o salientes destinados al apilado de la caja.

- Restricciones de carácter normativo

Es interesante apartar esta serie de restricciones de carácter dimensional o de desempeño, ya que van a venir dictaminadas por la legislación vigente (fundamentalmente la norma UNE-EN 1757-3:2003).

En materia dimensional, la norma establece que la altura de la barra de manejo debe tener una altura (medida desde el suelo hasta el eje de esta) entre 1100 y 1300 mm, existiendo una separación mínima de 50 mm entre el lado exterior de la superficie de empuje y los extremos laterales de la carretilla. Asimismo, la sección transversal de la misma debe quedar inscrita en la superficie delimitada por dos circunferencias de 25 y 35 mm.

Las piezas exteriores de la carretilla deben presentarse libres de ángulos y aristas vivas por motivos de seguridad.

Con respecto a aspectos de desempeño, se debe asegurar que la estructura soporta la capacidad nominal a aplicar, con un factor de seguridad igual a 1.33. Esta carga nominal viene dada por la acción simultánea del máximo de cajas transportables del cultivo más pesado; este dato se obtuvo tras consultar en el punto de recogida que hizo las veces de sitio de captación de agricultores durante el proceso de consulta. El responsable de la entrada y pesaje de género indicó que, de media, hay dos cultivos cuya masa es superior al resto (aparte del melón y la sandía, que por el formato en el que se almacenan -boxes de aproximadamente 1 m²-): el calabacín, cuyas cajas suelen rondar los 18 kg de producto (más la tara de la caja, de 1 kg), y el pimiento, con una masa media de 15 kg de producto más su correspondiente tara del embalaje, que al ser de una dimensión superior a la empleada para el transporte del calabacín, en este caso es de 1.5 kg. Como se extrajo en el análisis de la encuesta, el agricultor precisa de media mover 4 cajas al mismo tiempo, por lo que actuarían, en el caso del calabacín, un total de 76 kg (en 4 cajas al mismo nivel, distribución tipo 400 x 300 mm), y serían 66 kg, en dos niveles, la masa a transportar para el cultivo más extendido, el pimiento. Por lo tanto, la carga máxima nominal y recomendada debe ser esos 76 kg multiplicados por un coeficiente de seguridad, en este caso estipulado en $N = 1.25$, es decir, la masa máxima que debe soportar la estructura es de 95 kg; mientras que para realizar los ensayos estáticos dicha carga alcanzará los 126.35 kg.

6. RESULTADO Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados y conclusiones del estudio de mercado

A continuación, se presenta el resumen estadístico del estudio. El extracto completo se encuentra en el Anexo II del proyecto. Con objeto de garantizar la unicidad de los datos, se preguntó a los encuestados por su DNI al inicio de la encuesta.

6.1.1. Caracterización de la muestra

La gran mayoría de propietarios encuestados es de género masculino (83%), con una edad de entre 24 y 35 años (43% de la muestra), y lleva trabajando una superficie de 1 ha durante 14 años.

La finca que trabaja está situada en Las Alpujarras (47%), en la cual ha realizado inversiones recientemente en materia de riego (50%) y estructura (53%).

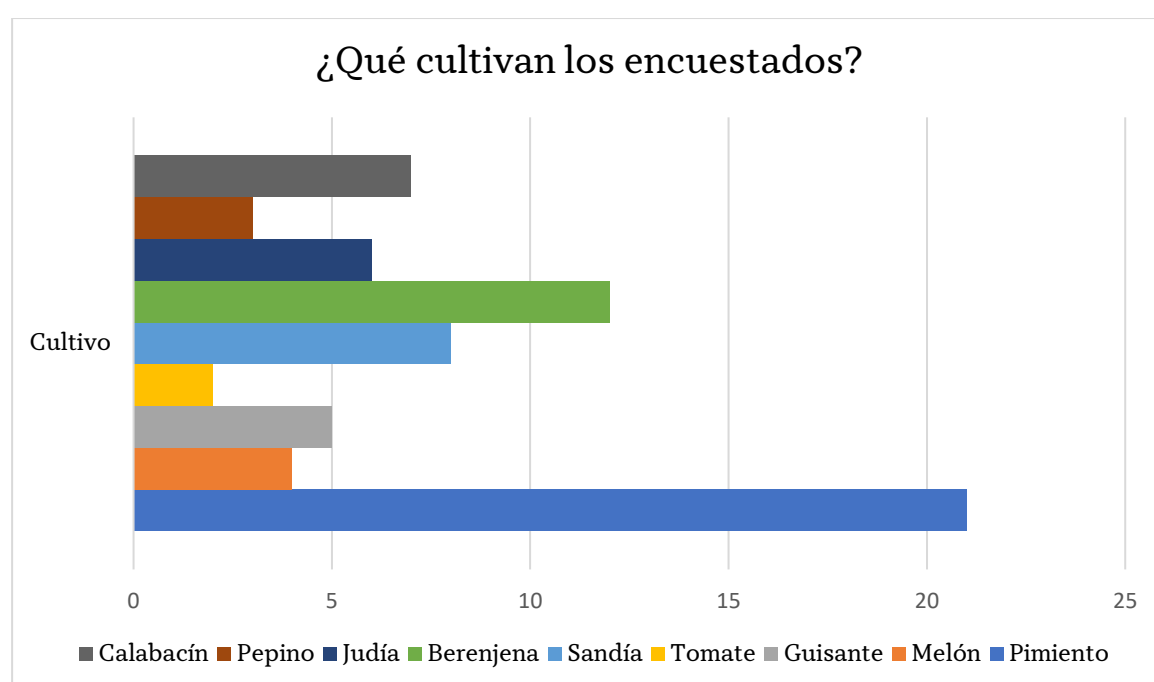


Figura 40: Cultivos explotados por los agricultores consultados

Su cultivo más explotado (Figura 40) es el pimiento (70%), seguido de la berenjena (40%) y explota su finca sin acogerse a ningún estándar de calidad (67%).

6.1.2. Relación con el producto

Como era de esperar, casi la totalidad de la muestra (97%) emplea para la recolección de su cosecha carretillas de uso agrícola, en concreto el modelo estándar regional, ya comentado en anteriores puntos. Igualmente era de esperar (ya que tiene una conexión directa con el producto mayoritario) que las cajas empleadas sean las de tipo “europeo”



Figura 41: Cajas modelo "europeo" © Ponienteplast

(Figura 41), con un tamaño en base de 600x400 mm (un 80% de los encuestados las usa durante su trabajo), siendo éstas las de mayor tamaño entre las 3 que se suelen utilizar.

De media, el agricultor encuestado posee 5 carretillas en su finca, pudiendo mover (al mismo tiempo) hasta 4 cajas por carretilla. Mayoritariamente (73%), la compra de la carretilla más nueva de su flota se debe al paulatino aumento en el volumen de producción; un 83% de la muestra entrevistada ha tenido que adquirir una nueva carretilla hace 4 años o menos, con un coste de 60€ la unidad.

6.1.3. Satisfacción con el producto

Ya conocidos datos característicos de los encuestados y en relación con la materia de interés, se les indicó que, en virtud de conocedores del producto, valorasen de manera objetiva aspecto ligados al uso cotidiano de este.

Cuando se le pregunta acerca de una valoración general, atendiendo a criterios de calidad y precio, el cliente objetivo otorga una puntuación media de 6.7 sobre 10 al producto ofertado (que como se vio en el punto interior acapara la demanda). La sensación que genera este es de indiferencia, con una cierta inclinación o tendencia a opinar negativamente del mismo.

Muestra una moderada complacencia (en términos del formulario, está satisfecho) en lo que respecta a criterios de fiabilidad, estética del producto, seguridad, mantenimiento y prestaciones; no es así cuando se habla de confort -comodidad de manejo-, un aspecto en el que existe una cierta insatisfacción, y el tema del coste, que en una mayor parte de los encuestados se suele percibir excesivo para el tipo de producto que se trata.

Los términos comentados anteriormente quizá sean un poco subjetivos, y sirvan para tener una idea muy generalista de los puntos fuertes y débiles del producto estudiado; es posible que sirvan para generar unos primeros bosquejos de lo que se pretende realizar, pero siendo realistas, un estudio de estas características necesita de evaluadores más potentes (o precisos). Es por ello por lo que, en los dos siguientes bloques de preguntas, se procede a pedir la opinión (en forma de grado de conformidad primero -Figura 42-, y de afirmación/negación para las siguientes) acerca de una serie de afirmaciones concretas aplicables al uso, mantenimiento y relación con carretillas agrícolas.

Los encuestados expresan una conformidad clara en cuatro de los aspectos reflejados en la gráfica mostrada sobre estas palabras: la no interferencia de la carretilla con el follaje, la adecuada selección del tipo de ruedas, la existencia en el mercado ordinario de una serie de repuestos para el tipo de carretilla objeto de estudio y que no existe, en absoluto, riesgo de atrapamiento con las ruedas de esta.

En cambio, demuestra opiniones encontradas a la hora de hablar de otros aspectos: tiende a un enfoque positivo cuando el tema es la carga que permite transportar la carretilla, y la estabilidad de la misma durante el transporte (esta visión cuasi-positiva viene de que (1) no suele necesario, por comodidad y producción, cargar demasiadas cajas en una misma línea de cultivo, y (2) que las cajas suelen llevar solapas que facilitan su apilamiento, por lo que no se considera un problema excesivamente molesto), y en tono negativo para los aspectos de manejo en carga (sobre todo si no existe un mecanismo de giro) y la existencia de lesiones en caso de choque con la estructura (suficientemente fácil evitarlos).

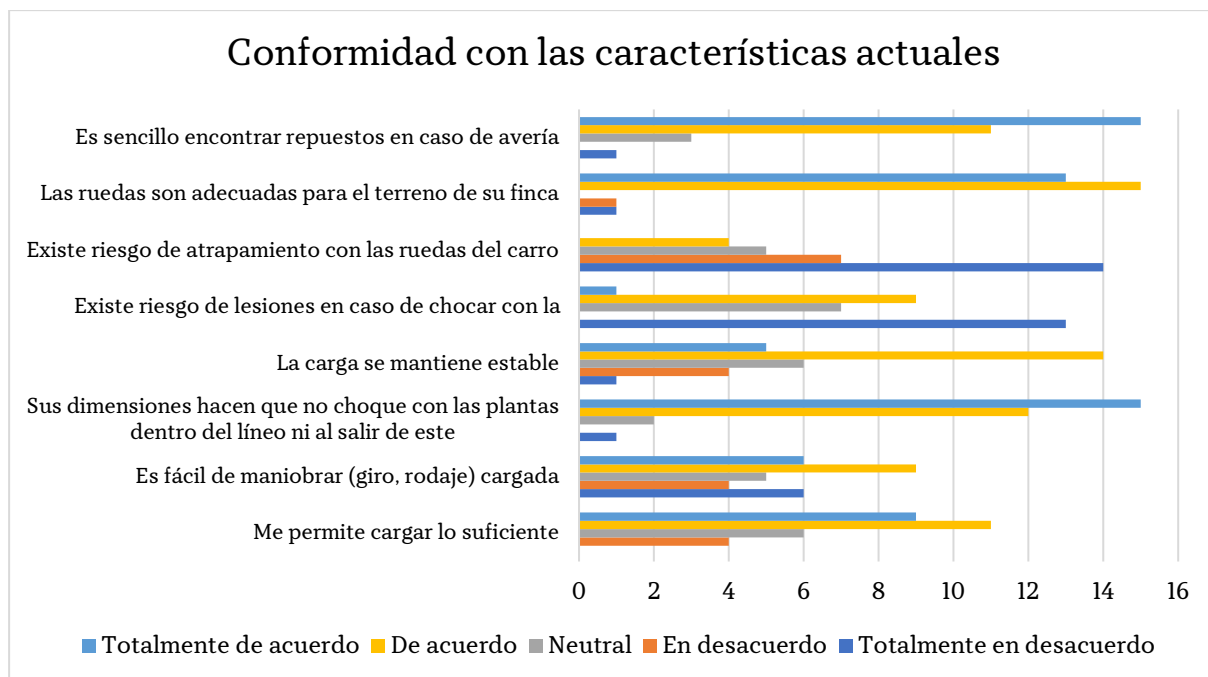


Figura 42: Representación de la pregunta "Marque su grado de conformidad con respecto a las siguientes afirmaciones acerca de la última carretilla que compró"

Pasando a la sección de respuestas instantáneas (Sí/No), la muestra responde con una afirmación rotunda que sí es posible sustituir una rueda en caso de rotura (100%), así como que el uso que da a su carretilla no es exclusivamente de recolección (77%), empleando dicha carretilla en otras tareas de la explotación como el transporte de productos auxiliares (rafia, plásticos) o balas de cultivo arrancado.

No se expresa una opinión dominante sobre la posibilidad de sustituir una parte estructural de la carretilla en caso de rotura o fallo catastrófico, ya que si bien no es posible hacerlo de una manera sencilla (por ejemplo, con uniones atornilladas) sí que se podría realizar dicha sustitución deshaciendo las soldaduras existentes y volviendo a fijar la parte afectada al conjunto, si bien esta operación requiere un sobrecoste al tener que acudir a una carpintería metálica para realizarse.

La proporción de carretillas con tamaño variable (estructura lateral inserta en la parte fija, pudiendo ampliar el ancho del carro unos 250 mm) y aquellas cuyas dimensiones son invariables es equilibrada (50% cada tipo).

Para cerrar esta sección, se incluyó una cuestión que permitiese conocer la "esperanza de vida" del producto, la duración que el cliente espera de la carretilla que ha adquirido. El rango más seleccionado, con un 33% de la muestra, es de entre 10 y 15 años de servicio.

6.1.4. Tanteo de oportunidades

Una vez obtenidos los datos sobre satisfacción actual con el producto, y con el objetivo de no sesgar la opinión del encuestado, se procede a preguntarle sobre el interés que le despiertan diferentes funciones que las carretillas ofertadas no tienen o son susceptibles de cambio (Figura 43).

Las conclusiones que se pueden extraer de la gráfica adjunta afirman la teoría de que el producto, si bien cumple en buena parte con lo esperado, tiene un margen de mejora interesante. La muestra sondeada responde con franco interés a las propuestas que conciernen al manejo de la carretilla durante el trabajo (inclusión de un mecanismo que

facilite el giro y manejo más confortable en situación de carga) y como cabía esperar, a una posible reducción del coste final del producto.

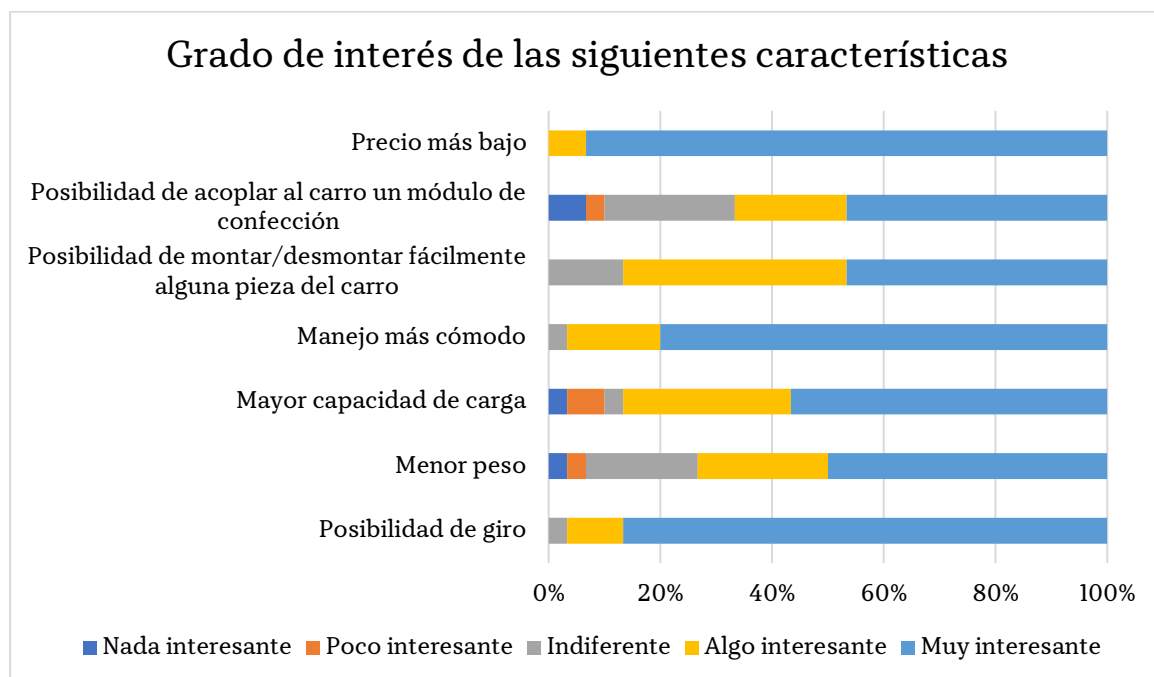


Figura 43: Representación de la pregunta "Si hoy fuese a comprar una carretilla y encontrase alguna de estas características en los modelos que ve, ¿qué grado de interés tendrían para usted?"

El interés adquiere un tono más difuso cuando el encuestado expresa su opinión sobre la posibilidad de que las uniones otrora soldadas pasen a ser atornilladas (hecho que facilitaría en gran medida el intercambio de partes, bien sea para variar las dimensiones de la carretilla o para sustituirlas en caso de fallo catastrófico).

Y sobre una hipotética reducción de peso del conjunto, un aumento de la capacidad de carga (en ambas la opinión generalizada es que no sería un aspecto útil ni necesario para mejorar) o la existencia de un módulo de extracción rápida para realizar labores de confección en la línea de cultivo, la reacción del encuestado es de bastante menor interés que las descritas con anterioridad.

Con relación al tema económico, y en este caso con un tono más factible (a la hora de ser aplicado al trabajo técnico), se realiza una pregunta referente al sobrecoste que asumiría el cliente potencial si el producto ofertado satisficiera en gran parte las necesidades que espera del mismo. En este caso, la amplia mayoría de la muestra (83%) sí que pagaría un sobrecoste por dicha carretilla, de entre el 10% y 25% del coste actual del producto, es decir, unos 6-15€ más.

Para cerrar esta sección, se consideró necesario a la par que atractivo el hecho de incluir una respuesta de campo libre, que, si bien no era obligatoria, animaba al potencial cliente a contribuir con alguna idea que se escapase durante la fase de elaboración de nuevas alternativas e ideas. En este caso, se pudieron extraer propuestas de interés relevante (y para tener en cuenta durante la realización de los bocetos en el proceso de rediseño, ya que a juicio del propio cliente aumentarían el valor del producto), por ejemplo:

Inclusión de un sistema bloqueante o de freno en uno de los pares de ruedas, de modo que en terrenos con pendiente (principalmente situados en la costa granadina) la carga se mantenga estable y segura.

Posibilidad de añadir un módulo que, a diferencia del propuesto, haga las veces de “cajón de sastre” para guardar botes, utensilios o vegetales no aptos para la comercialización

Usar la estructura de la carretilla como plataforma para acceder al fruto de plantas a mayor altura (por ejemplo, en invernaderos con emparrado alto).

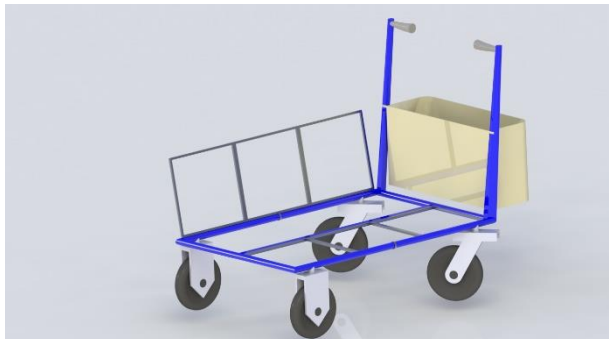


Figura 44: Detalle asas



Figura 45: Detalle ruedas

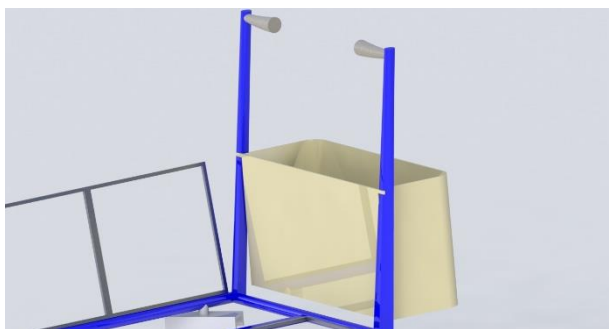


Figura 46: Detalle cesto

La figura 46 muestra una idea bastante primitiva de lo que vendría a ser el cesto de utensilios retirable. A pesar de la precariedad del diseño, los potenciales clientes respondieron favorablemente a la propuesta.

Por último, la figura 47 muestra de una manera un tanto difusa la propuesta de una estructura móvil. El objetivo (con satisfactorio resultado) de no definir completamente la característica citada es que el propio cliente “viera” lo que le interesaba tener de dicha estructura, principalmente 2 variantes: una en la que se abate 90° y sirve como pared estructural, para mejorar la estabilidad de la carga, y otra donde las alas se

6.1.5. Evaluación del prototipo

Con objeto de cerrar el cuestionario de una manera más amena e intuitiva para el potencial cliente, se decidió añadir una serie de imágenes del modelo diseñado *exprofeso* para la encuesta, con la idea de hacer visibles algunas de las características planteadas.

La figura 44 muestra el cambio en la disposición y diseño de las asas, que pasan a estar en sólo un lado de la estructura y a una altura mayor, además de no estar cerradas. El cliente ha valorado negativamente este cambio, argumentando, entre otras opiniones, que el hecho de que sólo uno de los flancos tenga asas resta versatilidad de trabajo dentro de la línea de recolección, al igual que el hecho de que exista una discontinuidad en la estructura de agarre, lo cual resta ergonomía al conjunto.

En la figura 45 se enfocó la vista hacia la idea de tener un par de ruedas giratorias; este diseño provocó una opinión neutra, ya que, si bien la idea era atractiva, el diseño en el boceto daba lugar a ambigüedades (por ejemplo, los posibles problemas de las ruedas “locas” a la hora de maniobrar en un suelo arenoso).

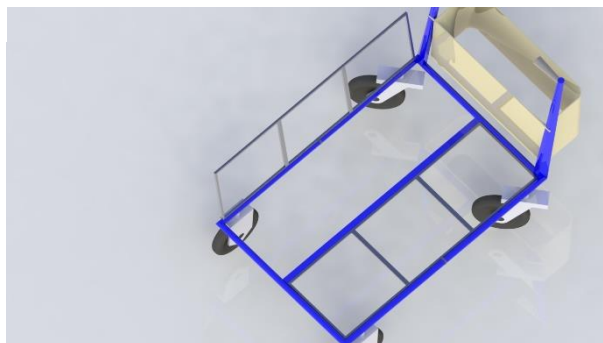


Figura 47: Estructura móvil

abatirían hasta 180°, en posición cerrada reforzaría la estructura base y en posición abierta permitiría una mayor dimensión de carga.

6.1.6. Conclusiones del estudio

El análisis de los datos procedentes de la muestra encuestada refleja de una manera clara que el producto le genera a los encuestados una sensación de indiferencia y poca importancia. Si bien es cierto que existe una cierta conformidad con él, hay aspectos mejorables que podrían hacer de la carretilla agrícola un elemento más valioso (tener una mayor utilidad con relación al coste de adquisición).

Se advierte la existencia de 3 factores/partes que suscitan un mayor interés de ser mejoradas/optimizadas: la inclusión de un sistema que facilite el giro de la carretilla, una disposición de las asas más ergonómica y la inclusión de un cesto como módulo retirable.

Igualmente, existen aspectos que la consulta confirma como intocables, es decir, aquellos aspectos que el cliente da por hechos (sabe que el producto debe cubrir una necesidad y su cumplimiento se valora como algo presupuesto y no positivo), hablando entre ellos del precio, el peso y la tipología de ruedas.

A la vista de esto, es de recibo concluir esta sección con una serie de hitos a conseguir, o sentencias de aplicación durante el proceso de rediseño, que consigan rellenar ese *gap* de producto correcto a producto sobresaliente:

- El precio de venta al público de la carretilla debe ajustarse a un máximo de 75€
- La resistencia estructural debe ser tal que garantice, durante el ciclo de vida del producto, el trabajo con 4 cajas de tamaño 600 x 400 mm cargadas (aproximadamente 125 kg en la eventualidad más desfavorable)
- Estudiar una solución de compromiso para el giro de la carretilla, la cual permita movimientos firmes, sin atrapamientos ni posiciones indeseadas.
- Proposición de una solución viable (material y posición idóneos) para el módulo retirable que almacenará herramientas o frutos.
- Análisis ergonómico-estructural del sistema de manejo, que provea una solución idónea a nivel de presupuesto y confort para las asas de la carretilla.
- En menor medida, proponer una solución viable para algunas de las desideratas con menor grado de valoración: sistema bloqueante para uno de los ejes y movilidad de parte de la estructura.

6.2. Construcción de las alternativas de diseño

- Bocetos y diseños conceptuales

Previo paso al modelado CAD de las propuestas de diseño, se realizan una serie de bosquejos que reflejan, en una etapa embrionaria, los aspectos clave del del rediseño que se quieren transmitir con fortaleza. A continuación, se muestran aquellos de los que han partido las 3 alternativas modeladas y presentadas a continuación (Figuras 48-49-50).

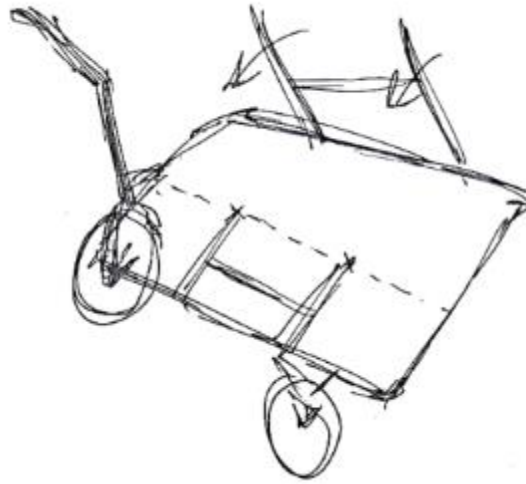


Figura 48: Diseño conceptual alternativa 1



Figura 49: Diseño conceptual de la segunda alternativa

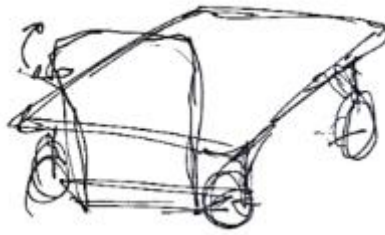


Figura 50: Boceto ilustrativo de la tercera alternativa

- Alternativa 1 (Figuras 51-52)

En base a las ideas I, II, III, V, VII y IX, este diseño se diferencia del resto por tener una estructura base móvil. Como se puede ver en las figuras adjuntas, este mecanismo divide la base en dos partes con una libertad de giro de 90°, lo cual hace que su posición se pueda variar: plegada en su uso normal (transporte de cajas), abatida para transportar objetos más voluminosos, haciendo uso de esta parte de la estructura otrora plegada como pared del conjunto, lo cual le confiere una mayor estabilidad a la carga.

La subestructura móvil se apoya sobre un perfil rectangular que se encuentra fijado a la plataforma de carga mediante abrazaderas y tornillería. Lo que en el modelo inicial era la estructura base, donde se soldaban el resto de las partes indispensables, se ha convertido en un tercio de lo que era, ya que sólo queda la parte desde el único eje hasta la parte asidera posterior, donde se coloca el cesto de almacenamiento temporal. Las soldaduras se han reemplazado por tornillería en las uniones eje-estructura base, estructura base-plataforma de carga y entre elementos de la plataforma. Destaca la inclusión de un timón que sustituye a lo que era el par de ruedas frontal, con una forma tal que permite controlar la dirección del conjunto de una manera muy intuitiva y sencilla.



Figura 51: Alternativa 1



Figura 52: Alternativa 1, vista desplegada

- Alternativa 2 (Figura 53)

Surgida de las propuestas I, II, III, VI, VII y IX, la siguiente propuesta de carretilla tiene como carácter singular el uso de unas plataformas de plástico que hacen las veces de soporte para el apilamiento de las cajas, lo cual resulta en un ahorro sustancial en perfiles metálicos para esta parte del conjunto.



Figura 53: Alternativa 2

La apariencia general es muy similar a la primera de las alternativas, con la que comparte sistema de dirección y distribución de la perfilería. Las plataformas de plástico van encajadas sobre el perímetro de la perfilería de la plataforma de carga, asegurando así su firmeza durante el transporte.

- Alternativa 3 (Figuras 54-55)

Esta última alternativa nace de la unión de las propuestas II, VI, VIII e IX. A diferencia de las dos variantes propuestas con anterioridad, no se desecha el uso de las 4 ruedas, por lo que el sistema de dirección, si bien siendo un mecanismo muy sencillo (cuadrilátero de Ackermann), es algo más complejo a los anteriores.

En este caso, el número de perfiles metálicos empleados es superior dada la inclusión de otro elemento de la antigua estructura base como es el asa de manejo frontal. Además, se emplean una serie de tornillería y perfiles de menor dimensión para construir el mecanismo de giro, practicable cuando se ejerce fuerza en el asa de manejo en dirección paralela a la plataforma de carga.



Figura 54: Alternativa 3

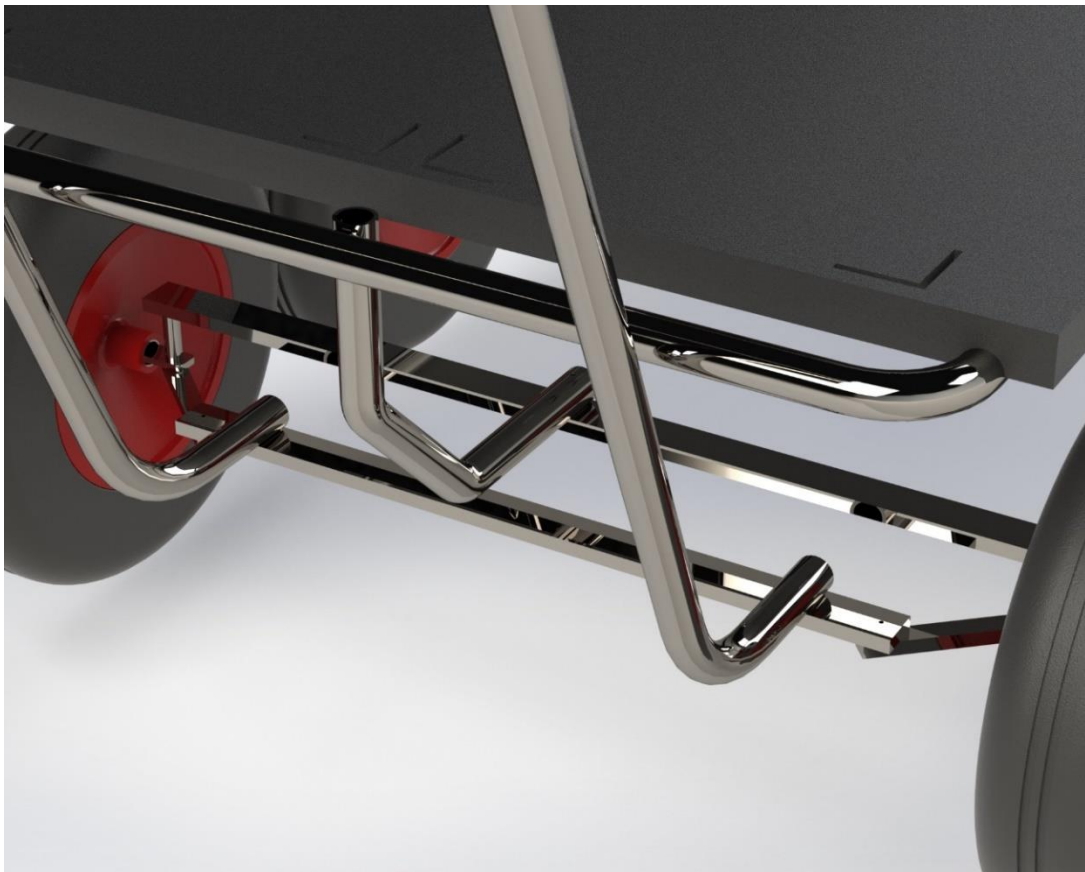


Figura 55: Alternativa 3, detalle sistema de dirección

6.2.1. Evaluación de alternativas

6.2.1.1. Evaluación de los prototipos y selección definitiva

El análisis de decisión multicriterio es el elegido a la hora de designar aquel de los prototipos del punto precedente que reúna una mayoría favorable de aquellos condicionantes establecidos como criterios de selección, y el cual va a ser desarrollado posteriormente. Para llevar a cabo esta decisión final, se debe analizar cada una de las alternativas propuestas en base a una serie de criterios objetivos, de modo que tras este análisis se obtenga numéricamente una serie de valores que ayuden a dirimir cuál de las opciones es la más apreciable.

Se comienza por definir una serie de criterios de diferente naturaleza, los cuales pueden ser englobados dentro de familias de criterios: funcionales, económicos, investigación y desarrollo y *marketing*. Quedan determinados para el proyecto los siguientes criterios:

- *Criterios funcionales*
 - a. CF₁ – Ergonomía
 - b. CF₂ – Funcionalidad
 - c. CF₃ – Durabilidad
 - d. CF₄ – Robustez
- *Criterios económicos*
 - a. CE₁ – Coste fabricación estructura
 - b. CE₂ – Coste resto de componentes
 - c. CE₃ – Coste final
- *Criterios de investigación y desarrollo*
 - a. CID₁ – Mejora técnica
 - b. CID₂ – Solución ofertada a demanda del mercado
- *Criterios de marketing*
 - a. CM₁ – Atractivo del diseño
 - b. CM₁ – Aceptación del mercado y canales de venta actuales

Siguiendo en la línea de decisión matricial aplicada para obtener los índices de valor, se pueden desarrollar una serie de clasificaciones dentro de cada familia de criterios, asignando a cada una la importancia relativa para con el resto de los criterios dentro del mismo conjunto. Así pues, quedaría una serie de matrices como la que sigue (Figuras 56 a 60):

| Criterios xxx | % Importancia |
|-------------------|----------------|
| CXXX ₁ | Y ₁ |
| CXXX ₂ | Y ₂ |
| ... | ... |
| CXXX _n | Y _n |
| Total | 100 |

Figura 56: Tabla ejemplo evaluación de criterios por importancia

| Criterios funcionales | % Importancia |
|-----------------------|---------------|
| CF ₁ | 35 |
| CF ₂ | 20 |
| CF ₃ | 15 |
| CF ₄ | 30 |
| Total | 100 |

Figura 57: Evaluación de criterios funcionales por importancia

| Criterios económicos | % Importancia |
|----------------------|---------------|
| CE ₁ | 35 |
| CE ₂ | 65 |
| Total | 100 |

Figura 58: Evaluación de criterios económicos por importancia

| Criterios de I+D | % Importancia |
|------------------|---------------|
| CID ₁ | 40 |
| CID ₂ | 60 |
| Total | 100 |

Figura 59: Evaluación de criterios de I+D por importancia

| Criterios marketing | % Importancia |
|---------------------|---------------|
| CM ₁ | 35 |
| CM ₂ | 65 |
| Total | 100 |

Figura 60: Evaluación de criterios de marketing por importancia

Tras evaluar la relevancia de cada subcriterio, el siguiente paso es cruzar estos datos con las alternativas, y obtener así unos valores que acumulativamente permitan compararlas. Para ello se incluye asimismo la alternativa base o 0, es decir, el modelo actual. Se calificará el aporte de cada alternativa al criterio evaluado en base 5, siendo 0 nada relevante y 5 muy relevante (Figuras 61 a 64)

| Criterios funcionales | 0 | 1 | 2 | 3 | % Importancia |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| CF ₁ | 2 | 5 | 5 | 4 | 35 |
| | 0.70 | 1.75 | 1.75 | 1.40 | |
| CF ₂ | 2 | 4 | 3 | 3 | 20 |
| | 0.40 | 0.80 | 0.60 | 0.60 | |
| CF ₃ | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 |
| | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | |
| CF ₄ | 3 | 2 | 4 | 4 | 30 |
| | 0.90 | 0.60 | 1.20 | 1.20 | |
| Valor funcional | 2.45 | 3.60 | 4.00 | 3.65 | |

Figura 61: Evaluación de las alternativas mediante criterios funcionales

| Criterios económicos | 0 | 1 | 2 | 3 | % Importancia |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| CE ₁ | 1 | 2 | 5 | 4 | 35 |
| | 0.35 | 0.70 | 1.75 | 1.40 | |
| CE ₂ | 2 | 4 | 4 | 2 | 65 |
| | 1.30 | 2.60 | 2.60 | 1.30 | |
| Valor económico | 1.65 | 3.30 | 4.35 | 2.70 | |

Figura 62: Evaluación de las alternativas mediante criterios económicos

| Criterios I+D | 0 | 1 | 2 | 3 | % Importancia |
|------------------|------|------|------|------|---------------|
| CID ₁ | 1 | 3 | 3 | 5 | 40 |
| | 0.40 | 1.20 | 1.20 | 2.00 | |
| CID ₂ | 3 | 4 | 4 | 4 | 60 |
| | 1.80 | 2.40 | 2.40 | 2.40 | |
| Valor I+D | 2.20 | 3.60 | 3.60 | 4.40 | |

Figura 63: Evaluación de las alternativas mediante criterios de I+D

| Criterios marketing | 0 | 1 | 2 | 3 | % Importancia |
|---------------------|------|------|------|------|---------------|
| CM ₁ | 3 | 4 | 4 | 4 | 35 |
| | 1.05 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | |
| CM ₂ | 5 | 3 | 3 | 4 | 65 |
| | 3.25 | 1.95 | 1.95 | 2.60 | |
| Valor marketing | 4.30 | 3.35 | 3.35 | 4.00 | |

Figura 64: Evaluación de las alternativas mediante criterios de marketing

Una vez realizado este análisis multicriterio a nivel discreto, la última fase es compilar estos datos en una matriz que engloba todos los criterios y alternativas; en este caso también hay que asignar un porcentaje de importancia a cada categoría de criterios, siendo el resultado final una sumatoria de este peso porcentual multiplicado por el valor de cada criterio para las distintas alternativas. La alternativa de mayor valor, como es obvio, será la que acumule en la sumatoria de todos los criterios un número superior al resto.

| Multicriterio | 0 | 1 | 2 | 3 | % Importancia |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Funcionales | 2.45 | 3.60 | 4.00 | 3.65 | 30 |
| | 0.735 | 1.080 | 1.200 | 1.095 | |
| Económicos | 1.65 | 3.30 | 4.35 | 2.70 | 40 |
| | 0.660 | 1.320 | 1.740 | 1.080 | |
| I+D | 2.20 | 3.60 | 3.60 | 4.40 | 20 |
| | 0.440 | 0.720 | 0.720 | 0.880 | |
| Marketing | 4.30 | 3.35 | 3.35 | 4.00 | 10 |
| | 0.430 | 0.335 | 0.335 | 0.400 | |
| Valor de alternativa | 2.265 | 3.455 | 3.995 | 3.455 | |

Figura 65: Resultados del análisis multicriterio

Por tanto, atendiendo a los resultados de la decisión multicriterio (Figura 65), se establece que la alternativa que mayor valor aporta es la número 2: solución de carretilla agrícola con 3 ruedas, sistema de dirección tipo timón y plataformas de carga. Esta alternativa será desarrollada en detalle a lo largo de la siguiente sección.

6.3. Introducción al análisis técnico-mecánico de la solución definitiva

Una vez analizados los criterios de mejora extraídos del estudio de mercado, propuestas una serie de mejoras en función a estos y analizadas las alternativas diseñadas, se obtuvo un prototipo finalista que debe ser desarrolla y analizado por completo. Para ello, se va a detallar por completo a nivel de componentes, métodos de fabricación y prestaciones mecánicas, rediseñando o modificando estos si el desarrollo del trabajo así lo requiere, a lo largo de los siguientes apartados. Se comienza por un despiece de la alternativa propuesta en calidad de boceto, detallando dimensiones y selección preliminar de materiales. Estos diseños se validarán mediante un análisis mediante elementos finitos en SolidWorks, empleando el feedback de las simulaciones en corregir detalles que puedan mejorar el diseño. La selección de materiales se realiza mediante la herramienta GRANTA EduPack, quedando el proceso de selección reflejado en el Anexo IV.

6.4. Despiece alternativa finalista

- Asa fija

Introducción

El asa fija es un elemento estructural que posee distintas funciones dentro de la carretilla. Por un lado, es uno de los elementos de unión entre el eje principal y la estructura de la plataforma de carga, ya que esta plataforma se une en uno de sus extremos mediante tornillería al asa, y esta a su vez en sus extremos libres (pensado en una vista extendida de este elemento, es un tubo circular doblado) se encuentra unida al eje donde rota el par de ruedas. Esta última relación es por si misma otro elemento de unión, entre el par de ruedas y el resto del conjunto de la carretilla, aportando estos dos apoyos sobre el eje una estabilidad que no le da la rueda donde se encuentra el sistema de dirección. Ergonómicamente hablando, el asa fija sirve a su vez como soporte del cesto multiusos y como asidero para mover la carretilla en dirección opuesta, si bien en este caso no permite el giro.

Diseño



Figura 66: Asa fija

Se diseña una pieza de aspecto sobrio a partir de un perfil tubular estándar (UNE Normalización Española, 2014) de 25 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor (Figura 66). Tiene una altura total de 975 mm, para que teniendo en cuenta el añadido de las ruedas, la barra de manejo quede a 1170 mm del suelo (y así encontrarse de acuerdo con la altura dictaminada por la norma UNE correspondiente, anteriormente comentada). El ancho de extremo a extremo es de 675 mm, quedando así a ras de la plataforma de carga por su parte interna. El tubo metálico, para obtener su forma final, necesita de dos operaciones principales: doblado y mecanizado.

Doblado: La barra original de acero se dobla 90° en dos partes, de modo que quede una superficie de 675 mm de ancho (el mango o asa) y dos paralelas de 950 mm. En cada uno de estos extremos libres, se realizan dos nuevos dobleces, de modo que quede una parte en el mismo plano del asa, de 650 mm de longitud, y perpendicularmente a este plano la parte que se apoyará en el eje, quedando el final del tubo completamente horizontal 25 mm, doblándose 45°, continua la diagonal unos 350 mm hasta volver a doblarse y volver a la posición vertical, donde se encuentra el lado largo de 650 mm. En todos los dobleces, el radio desde el eje central del tubo es de 25 mm.

Mecanizado: Se realiza para las uniones atornilladas con plataforma y eje. Esta operación, realizada en 4 puntos del componente, comprende tanto la rosca del tornillo, que será pasante por ambos perfiles a unir, como el rebaje superficial en el contorno de la unión para que esta se asiente en plano. Estas operaciones se realizan en el inicio de la primera curvatura de 45°, justo después de la sección vertical de 650 mm (donde irá atornillada la plataforma de carga), y a 25 mm del extremo final (respetando el mínimo de 12 mm de distancia a este), donde se atornillará al eje, quedando esta parte por encima del mismo (Figura 67).

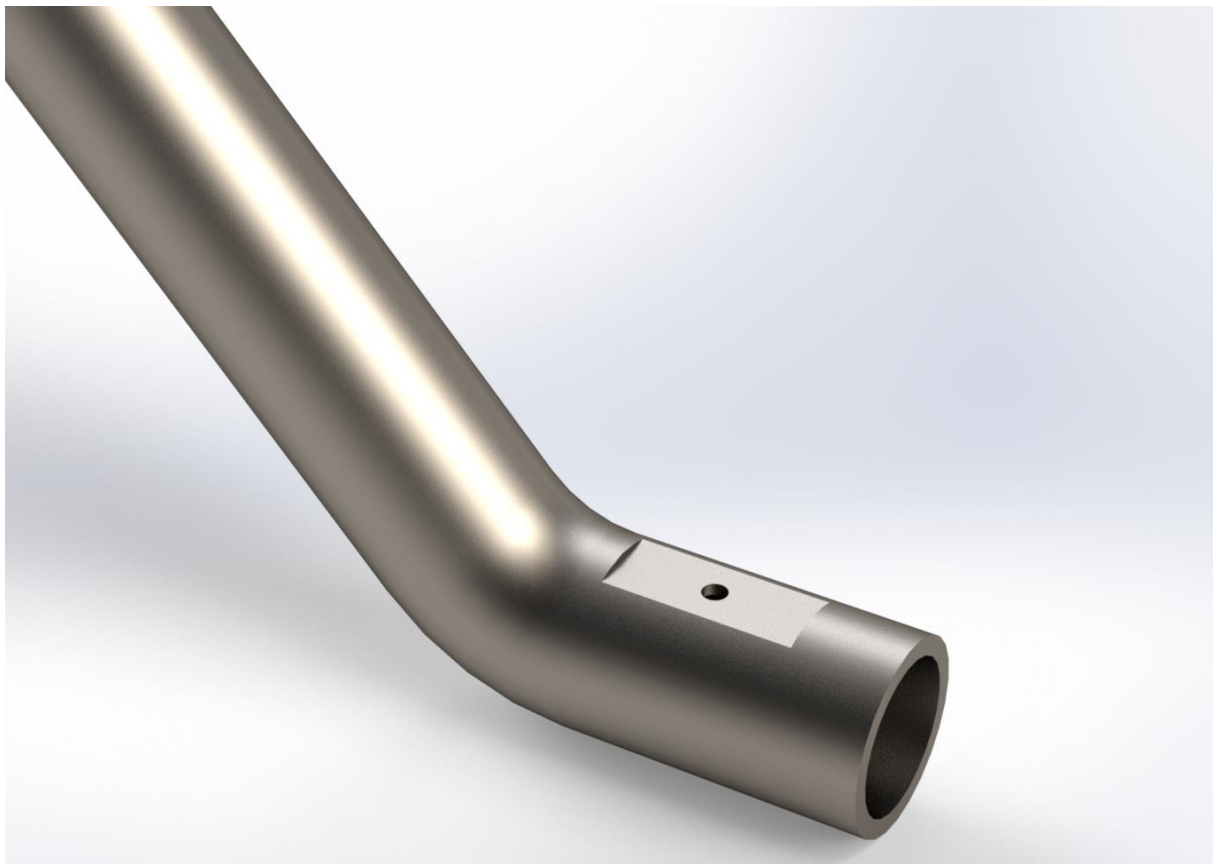


Figura 67: Detalle de la zona de unión del asa fija al eje

Material

Aparte de las propiedades mecánicas, uno de los objetivos del rediseño es disponer de tantas piezas estándar como sea posible. Por ello, uno de los factores para tener en cuenta a la hora de escoger el material de empleo en los elementos estructurales tubulares es su disponibilidad en el formato requerido.

Al ser un diámetro relativamente pequeño, se escapa el uso de aceros estructurales (normalmente comercializados en formatos de 40 mm en adelante), por lo que hay que acudir a piezas de acero normalmente empleadas en canalizaciones de fluidos.

Teniendo en cuenta sus características de alta ductilidad, buena soldabilidad y, por encima de todo, su uso extendido en maquinaria y elementos mecánicos, el acero AISI 1010 recocido es una opción que a falta de realizar simulaciones mecánicas parece adecuada.

- Estructura plataforma

Introducción

Dado que la intención final de este diseño es usar como plataforma una superficie plástica con hendiduras que haga de base/soporte para las cajas, es necesario proporcionar a esta una perfilera de apoyo similar a la de los modelos ya existentes, si bien se decide prescindir de uno de los lados, dejando abierto el rectángulo del que toma forma (Figura 68).

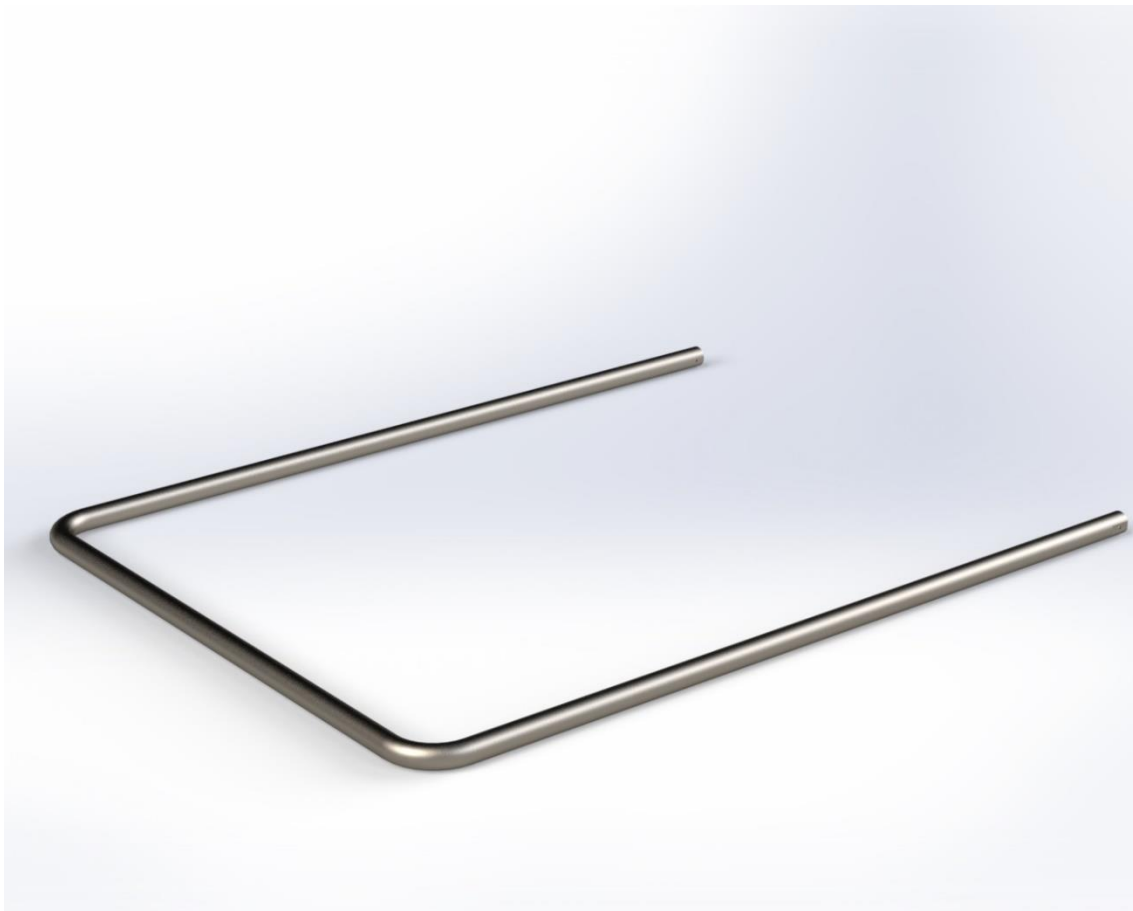


Figura 68: Vista isométrica de la estructura de la plataforma

Este lado cercenado es el que corresponde a donde la plataforma se atornilla al asa fija, siendo la parte continua por tanto la que queda en el lado del timón, y donde este (y el

mecanismo de giro) van colocados. De este modo, la carga que se aplicará en la plataforma se reparte en los 3 apoyos descritos.

Diseño

Al igual que en el caso del asa fija, se trata de un perfil tubular de 25 mm de diámetro con 2 mm de espesor, que se dobla 90° en dos partes para obtener la forma rectangular esperada. Los dos lados largos (libres en uno de sus extremos) miden 912.5 mm, por 725 mm del lado corto; el radio (medido en el eje del perfil metálico) del doblado es de 50 mm. Si bien se desea una plataforma de unos 800x600 mm, el ancho de esta se puede compensar con la inserción de la base plástica, siendo el largo necesariamente mayor para no cubrir las zonas que van atornilladas al resto de partes (timón y asa fija).

Se le practica un mecanizado para tornillería destinado a su unión con el asa fija (donde la estructura queda insertada en la zona interior de este) en los dos extremos libres, a 12.5 mm del final del perfil metálico. Al igual que en el caso anterior, es necesario rebajar la pieza para que la zona de contacto del tornillo sea plana y asegurar su correcto apriete.

Material

Siguiendo en la línea de uniformidad y estandarización de piezas, el material a emplear será igual que el del asa fija: perfiles regulares de acero AISI 1010.

- Eje

Introducción

Este componente es tan sencillo como crucial para el funcionamiento de la carretilla. Al contrario que en diseños habituales, en este proyecto sólo existe un eje, el cual hará que el conjunto tenga movimiento (la rotación de las ruedas se hace en torno al mismo) y la carga que le es transmitida desde el asa fija (que a su vez recibe su parte de la plataforma de carga) la traslada a las ruedas. Se unirá mediante tornillería al asa fija, siendo las ruedas encajadas en los extremos del eje previa colocación de una arandela, para posteriormente fijar la posición de la rueda (y evitar que, por vibraciones, golpes, o movimientos indeseados la rueda se salga o desalinee) con un anillo de retención.

Diseño

La pieza es simple, y volviendo al carácter estandarizado del proyecto, se emplea un perfil de acero de 25 mm de diámetro y 2 mm de espesor. Tiene una longitud total de 900 mm, ya que las ruedas (entendiéndose por este término el conjunto llanta + neumático) van insertas en el mismo, por lo que su longitud corresponde con el ancho máximo del conjunto (Figura 69).



Figura 69: Eje

Se practican dos taladros (y su correspondiente ranurado) para colocar en ellos los tornillos que fijarán el eje al resto del conjunto a través del asa fija. Estos se realizan a 125 mm de distancia del final del eje, medida que tiene en cuenta la colocación de las ruedas.

Material

Al igual que se argumentó en el apartado relativo al diseño del componente, se estima oportuno que el eje, al igual que el resto de los componentes de perfilera estructural de la carretilla, sea fabricado en acero AISI 1010.

- Caña timón

Introducción

La importancia del componente a describir radica en que es la unión física de los dos actores principales del sistema de dirección, el timón y la horquilla. Se encarga de transmitir la fuerza aplicada por el operario cuando este hace uso del timón hasta la rueda mediante la horquilla a la que se encuentra unida mediante la potencia.



Figura 70: Vista isométrica de la caña del timón

Diseño

Esta será una pieza sometida a torsión por la naturaleza de su funcionamiento, ya que va a estar unida mediante tornillería en sus dos extremos: al timón en el superior y a la horquilla, mediante un tubo metálico en el que irá inserto (Figura 70).

Aparte de trasladar la dirección a lo alto de la carretilla, debe separar en cierta medida el timón del cuerpo de la plataforma, para evitar choques con la carga o interferencias no deseadas. Es por ello por lo que se dobla en su parte inferior, de modo que el operario que la maneje se encuentre a cierta distancia de la carga.

La altura total de la caña del timón es de 600 mm, siendo como el resto de los perfiles empleados un tubo de acero de 25 mm de diámetro y 2 mm de espesor. Es doblado una única vez con radio 30 y 30° de ángulo con la vertical a 50 mm del extremo inferior, el que irá inserto en la potencia. Es necesario mecanizar la pieza para uniones atornilladas en dos partes: una en este extremo inferior, a 12.5 mm del final de la pieza, y a igual distancia en el superior. En una vista del alzado de la pieza, la distancia entre la unión a la potencia (parte vertical) y el extremo donde esta se une al timón es de 317.5 mm.

Material

Al igual que el resto de los perfiles metálicos tubulares descritos, se empleará en la caña un acero AISI 1010.

- Potencia

Introducción

Es un pequeño perfil tubular metálico que hace las veces de unión articulada entre plataforma, caña del timón y horquilla. Su misión es la de trasladar el movimiento que ejerce el operario con el timón (y que es posible por su carácter rotacional para con el anclaje que se coloca en la plataforma) hasta la rueda móvil de la carretilla.

Diseño

Pieza que al igual que el eje es simple en su diseño, si bien en este caso es necesario dimensionar de manera diferente, dado que tanto la horquilla como la caña del timón van a ir insertas en esta (y su diámetro exterior es de 25 mm). El siguiente perfil estándar elegible, atendiendo a la norma UNE EN 10216 como se hizo en las anteriores piezas estructurales analizadas, es de 30 mm de diámetro exterior y 2.6 mm de espesor. Si bien el hueco resultante en el perfil es algo mayor a los componentes que van a ir insertos (25 mm en lugar de los 27.4 mm de diámetro interior de este estándar), no importa demasiado dado que irá fijado mediante unión atornillada a ambos componentes anteriormente mencionados (Figura 71).



Figura 71: Potencia

La potencia tiene una altura de 115.5 mm, con dos taladros practicados a 10 mm de cada uno de los extremos, y su correspondiente desbaste para dar planeidad en la zona de atornillado. En su parte superior se unirá con la caña del timón mientras que en la inferior lo estará a la horquilla; en su parte central estará encajada (pero con movimiento rotacional libre) en el anclaje que se une a la plataforma de carga.

Material

Si bien al no ser el mismo tipo de perfil que el comúnmente usado para el resto de las piezas existe cierto margen para su cambio, se decide igualmente emplear el acero AISI 1010 para este componente.

- Anclaje

Introducción

El anclaje es un componente formado por dos piezas exactamente iguales, que se colocarán enfrentadas para cumplir su cometido en el conjunto: hacer de unión entre la plataforma de carga y la rueda gobernada por el sistema de dirección horquilla-potencia-timón. Al unir la parte donde se encuentra el peso a transportar y el componente que la va a sostener y dar movimiento, es una pieza que transmitirá esfuerzos; a su vez, será eje de rotación para la potencia, que girará insertada en el anclaje.

Diseño

Se trata de una pletina de chapa metálica rectangular de 125 mm de largo por 50 mm de ancho con 2.75 mm de espesor, con un redondeo de 10 mm en cada una de sus esquinas y mecanizada en 4 puntos: dos taladros para unión atornillada a 12.5 mm de largo y ancho en dos de las esquinas, que servirán para una vez alineadas y simétricas las piezas, apretar y afianzar la unión a la plataforma, un troquelado para insertar en el hueco resultante la potencia que rotará sobre el mismo, y que es de 30 mm de espesor y por último, el conformado de un arco de radio 12.5 (medido a 7.5 del punto inferior de la chapa, de modo que al quedar dicho arco sobre el perfil tubular de la plataforma, exista un hueco de 15 mm entre ambas piezas). Su diseño se encuentra representado en la Figura 72.



Figura 72: Parte del anclaje

La tornillería esta vez será de M4x22, dado el carácter de menor dimensión de la pieza.

Material

Como en el resto del prototipo, se empleará acero AISI 1010

- Horquilla

Introducción

El componente que se presenta en este apartado se encarga de transmitir la carga de la plataforma en dos puntos del eje que soporta la rueda, así como de trasladar el movimiento que ejerce sobre el mismo el operario cuando emplea el timón.

Es una pieza compuesta de 4 partes: tubo, barras y dos soportes para contener el eje donde girará la rueda, todos ellos soldados entre sí. En este caso no es conveniente o ventajoso emplear piezas simples como en las otras partes de la estructura, ya que es necesario repartir el peso equitativamente sobre el eje en el que descansa, y así evitar problemas en el viraje de la carretilla o deformaciones graves en uno de los lados de este.

Diseño

Como se comenta en la introducción, es necesario pensar en este componente como la unión de 4 partes (Figura 73).

La más importante es la formada por las barras, un perfil tubular de 25 mm de diámetro y 2 mm de espesor (como los usados en el resto del proyecto), que tiene una altura total de 200 mm por 145 de ancho; este perfil es doblado 90° en dos posiciones (a 188.5 mm de cada extremo del tubo desde su eje) con un radio de 40 mm, quedando un espacio horizontal entre cada doblado de 40 mm.

En el punto medio de esta superficie horizontal de 40 mm se añade un perfil perpendicular, que irá insertado en la potencia del sistema de dirección y fijado mediante tornillería. Este perfil complementario estará mecanizado doblemente, una para elaborar los taladros donde irá colocada la unión atornillada y su correspondiente rebaje superficial para una unión más precisa. Por tanto, la pieza será continua en 25 mm, con el taladro a 12.5 mm de la parte superior. Se coloca en la posición centrada y se fija mediante un cordón de soldadura.

Las dos piezas restantes serán los soportes para el eje de la rueda; están formadas cada una de ellas por una pieza metálica redondeada de 10 mm de espesor, 25 mm de altura y un ancho de 27 mm. La misma tiene una superficie continua de 15 mm, conteniendo en la parte baja un taladro de 25 mm donde irá alojado el eje. Este taladro se abre 15 mm en su parte más baja, para dar cierto juego a la hora de colocar el eje. Esta pieza se une a la barra mediante soldadura en su parte más alta (la zona continua rectangular), con dos puntos en las zonas que interfieren con el perfil de la barra.



Figura 73: Horquilla

Material

Al igual que el resto de las partes metálicas, la horquilla estará compuesta por acero AISI 1010

- Eje rueda

Introducción

Componente que aporta una función similar al eje presentado en el apartado 2.3. aunque sus dimensiones son más reducidas al contener sólo una rueda. Este eje va a ser el encargado de proporcionar una superficie de rotación a la rueda móvil, además de soportar y trasladar a esta el peso que le transmite la horquilla.

Diseño

El diseño es diferente al eje anteriormente comentado, esta vez sus dimensiones no van en todo el ancho del objeto de rediseño, sino que se adaptan a una rueda y las dimensiones de la horquilla donde va alojado (Figura 74). Tampoco tiene en este caso ningún tipo de mecanizado, pues al no tener ningún componente atornillado (como era el caso del asa fija en el eje delantero) no es necesario este tipo de operación.

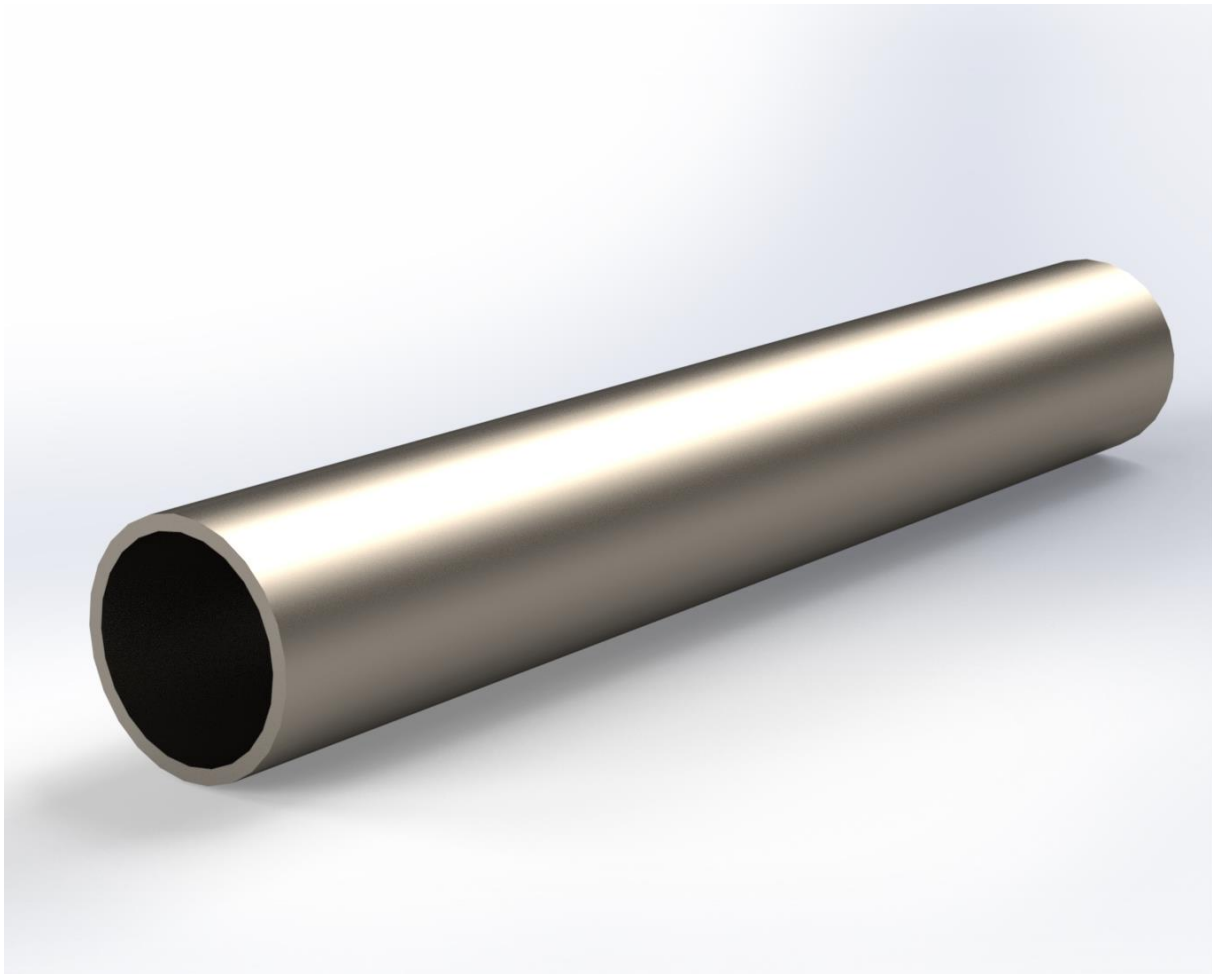


Figura 74: Eje para la rueda

Se trata pues de una barra de acero de 25 mm de diámetro y 2 mm de espesor, con una longitud total de 130 mm. Esta barra irá alojada en la llanta plástica de la rueda, que girará en torno al eje; a su vez, en los extremos irá abrazada por los soportes de la horquilla incluidos para tales efectos, de modo que estos transmitan la carga de manera equilibrada en los dos puntos de apoyo.

Material

Al igual que el resto de los perfiles descritos, se estima oportuno emplear el acero AISI 1010

- Plataforma base

Introducción

La función de este elemento dentro del conjunto no es otra que dotar de una superficie de apoyo continua a las cajas que van a ser cargadas. En diseños previos no existe tal solución, teniendo que ser en la mayoría de los casos solventada por el usuario mediante la colocación de un tablero de madera, o empleando como soporte los perfiles en “L” que hacen de paredes laterales a la carretilla, si bien es una opción que no cubre todas las dimensiones existentes de cajas. La plataforma dispone de una superficie donde la carga queda completamente reposada, y de unas hendiduras que restringen el movimiento de esta para garantizar una cierta estabilidad durante el trabajo (Figura 75).

A parte de esta mejora funcional, se consigue reducir el peso total del conjunto, al sustituir perfilería metálica por una superficie de plástico, así como abaratar costes y no emplear perfiles distintos a los empleados para el resto de la estructura sólo para este cometido.

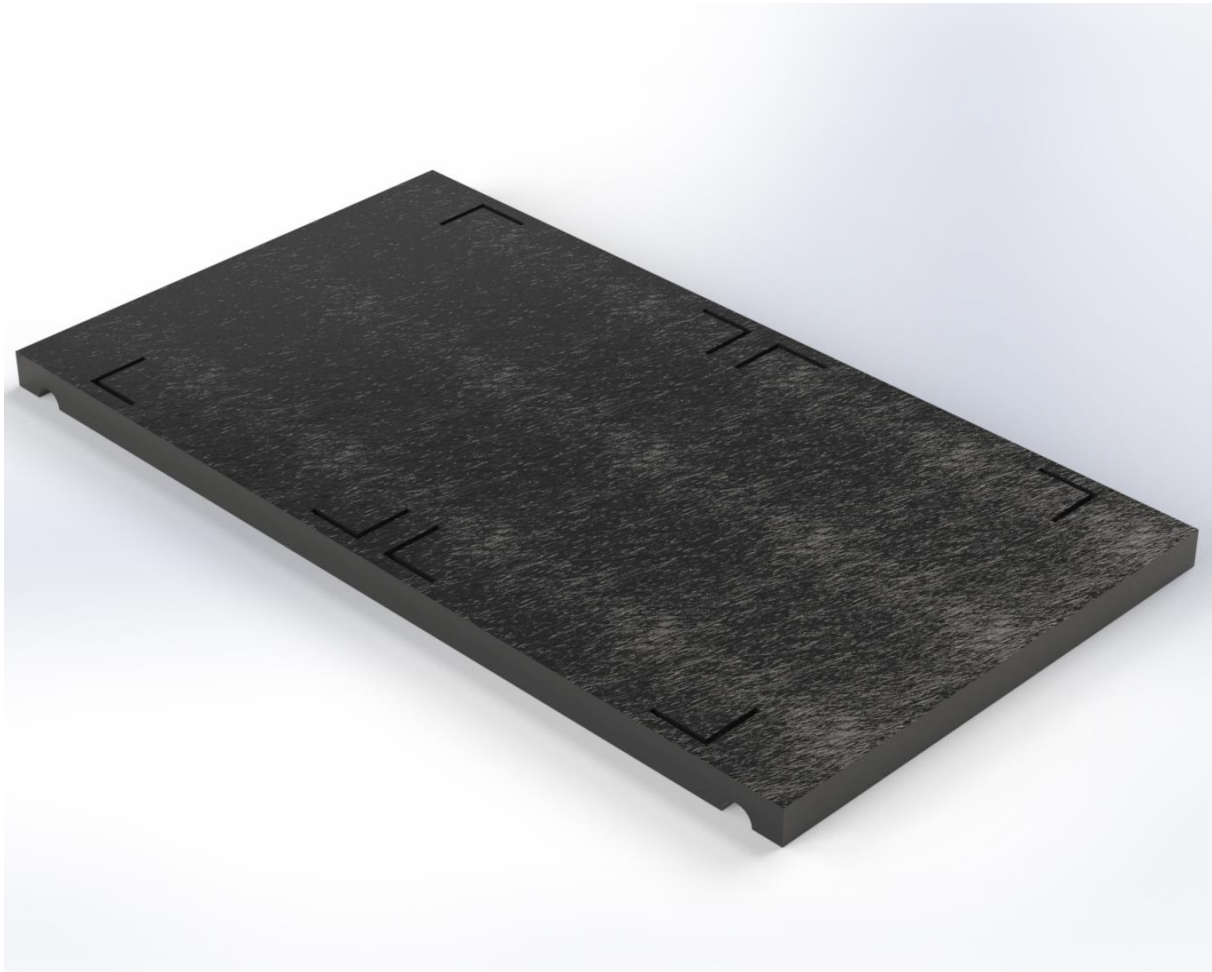


Figura 75: Plataforma base

Diseño

Se decide proyectar un diseño de plataforma rectangular dividido en dos partes, para evitar que esta sea de gran volumen y por tanto más difícil de almacenar. Es por ello por lo que cada carretilla portará dos plataformas base colocadas en paralelo, formando una superficie total igual al ancho de esta (775 mm) más el largo equivalente a colocar dos piezas (425 mm cada pieza, 850 mm de largo total). Estas piezas rectangulares de 775x425 mm tienen un espesor total de 30 mm, y van apoyadas al perfil de la plataforma mediante una forma semicircular con el mismo diámetro de este (25 mm), consiguiendo un apoyo correcto y fijo. Estas secciones conformadas en la plataforma se sitúan a 25 mm de cada uno de los extremos de esta.

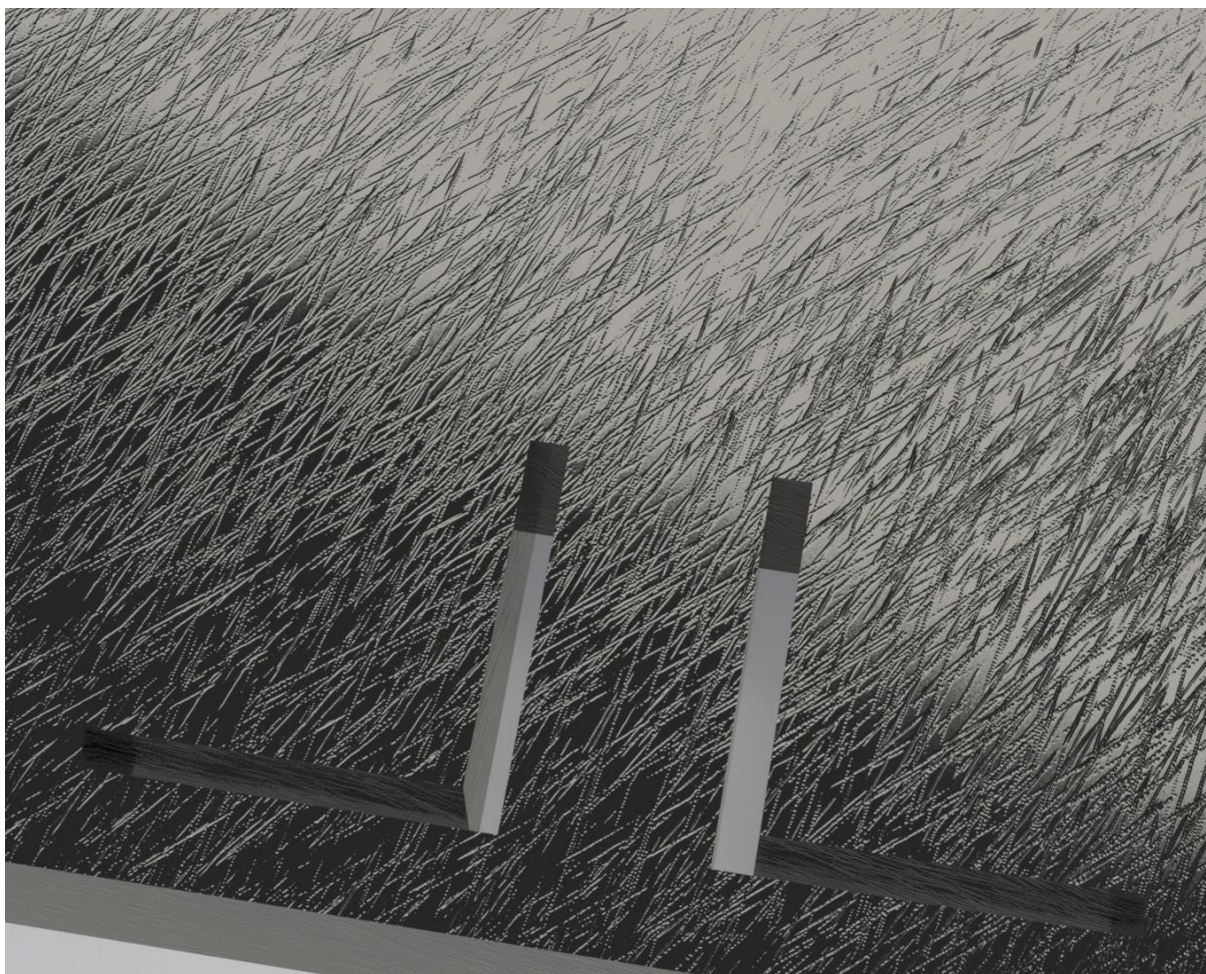


Figura 76. Detalle hendiduras para anclar cajas a la plataforma base

Para afianzar la estabilidad de las cajas, y aprovechando las solapas que estas tienen para facilitar su apilado, se realizan a las plataformas una serie de perforaciones válidas para los tipos de caja más empleados (e incluyendo dos disposiciones para las mismas, Figura 76). En total cada plataforma dispone de 8 ranuras en forma de “L”, pensado en las dos disposiciones que contemplan el uso de los modelos de caja más extendidos: para las cajas de 400x300 mm, se colocan 2 cajas con su dimensión mayor paralela al lado corto de la plataforma individual, mientras que en el caso de las cajas de 600x400 es su lado corto el que se coloca paralelo a este. Teniendo en cuenta esto, las ranuras (que van inscritas en un cuadrado de 50 mm de lado, y tienen 5 mm de luz) se colocan a 12.5 mm del lado largo de la plataforma y a 75 mm de su lado corto, ya que a lo largo de este discurre el soporte para el perfil de la plataforma. Desde sus lados exteriores, las ranuras forman dos rectángulos paralelos de 400x300 mm (con una separación de 25 mm entre ellos) o uno de 600x400 mm (quedando inutilizadas en este caso las 4 ranuras de la zona central de la plataforma)

Material

Para elaborar este componente, se necesita un material que aúne buenas propiedades mecánicas (especialmente resistencia a impacto y fatiga) con una aptitud para su fabricación mediante moldeo o inyección. Atendiendo a estos criterios, además de tener en cuenta tanto precio como masa por unidad de volumen, se presenta como una opción interesante para elaborar la plataforma base el acrilonitrilo butadieno estireno, más conocido por su acrónimo ABS. Este material polimérico termoplástico tiene buena

resistencia a impacto incluso a bajas temperaturas, gran nivel de resistencia superficial, facilidad para ser procesado y excelente resistencia a ácidos y otros disolventes químicos. Sin embargo, tiene una relativamente pobre resistencia a fatiga, característica que se comprobará para conocer si aún con este punto débil es apto como solución para la plataforma.

- Timón

Introducción

El timón de la carretilla es el componente mediante el cual el operario guiará el rumbo de esta, a la vez que transmite su fuerza para mover la carga. Sustituye a lo que en el diseño antiguo era el asa, un componente de menor ergonomía y funcionalidad; en este caso, el timón se sitúa a una mayor altura (al ir atornillado a la varilla del timón, su parte más baja se encuentra a 1100 mm del suelo) y presenta una superficie horizontal para mejor agarre durante su uso.

Diseño

Se trata de un perfil plástico en forma de “U”, con una parte horizontal de 300 mm y dos “cuernos” que se proyectan a una altura de 200 mm, en paralelo (Figura 77). El radio de este encuentro a 90° es de 50 mm; el diámetro exterior, para asegurar que el timón sea conforme a la norma UNE-EN 1757-3:2003, es de 25 mm, con 5 mm de pared interna.

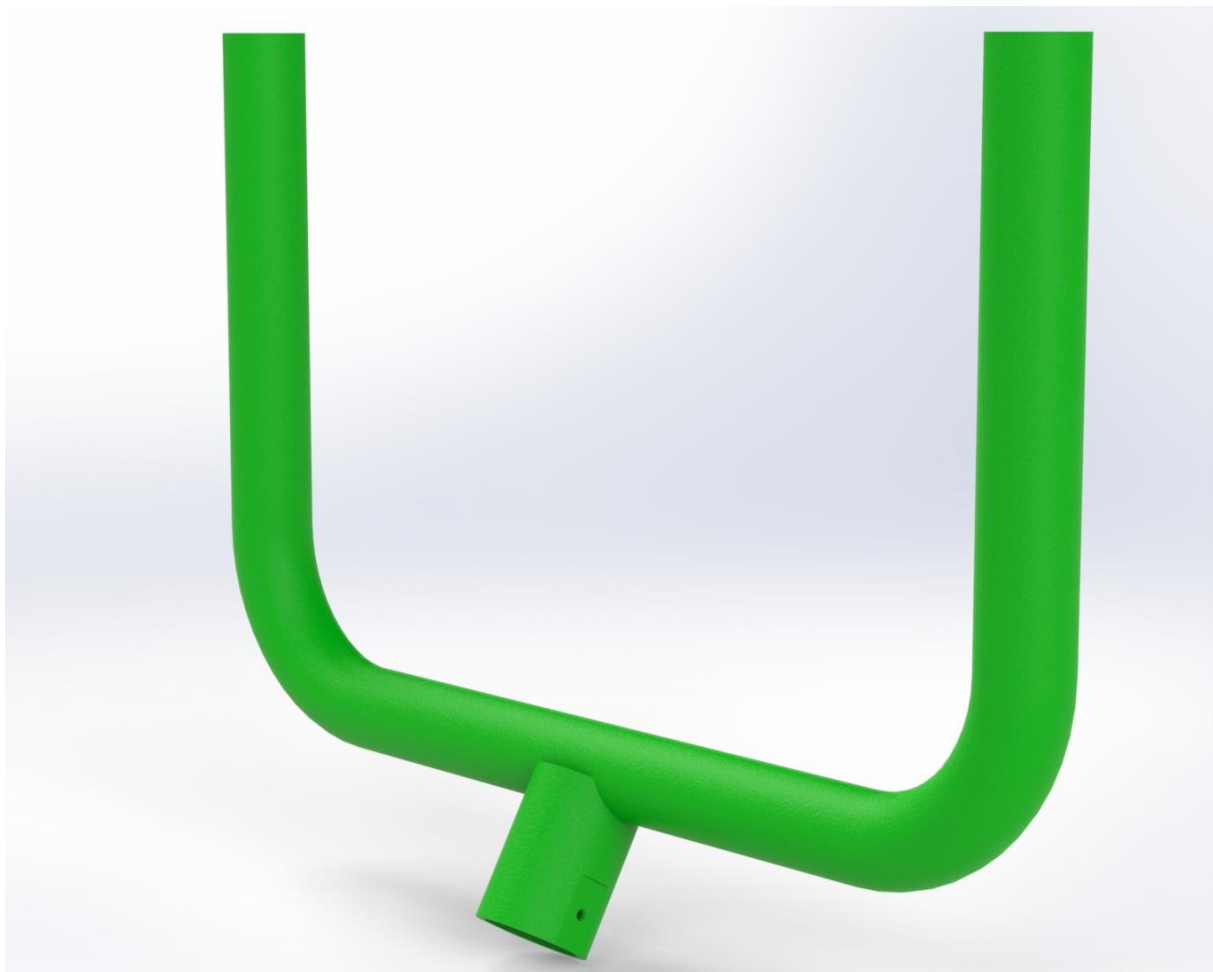


Figura 77: Vista del timón

En el punto medio de la superficie horizontal (esto es, a 150 mm del eje central de cada cuerno), emerge un tubo hueco de 45 mm de largo, 30 mm de diámetro externo y 25 mm de diámetro interno, el cual servirá para acoplar la anteriormente mencionada varilla del timón mediante tornillería. Al estar este componente desviado de la vertical en 45°, es necesario corregir esta desviación en el diseño del timón para que quede inscrito en el plano de vista lateral, completamente paralelo al operario y perpendicular a la plataforma de carga; la corrección consiste en proyectar una desviación de 45° en este tubo hueco.

Material

Para esta pieza se requiere un material ligero, con una resistencia media a esfuerzos y moldeable. El PVC rígido, por su versatilidad y buen precio, es una buena solución. Posee buenas capacidades de resistencia a la degradación ambiental, es apto para moldear y tiene un precio moderado.

- Llanta

Introducción

Elemento intermedio cuya principal función es dar empaque y aligerar el peso de la rueda pensada como conjunto. Al ejercer el operario una fuerza tal que venza la homónima opuesta (peso del conjunto + fuerza de rozamiento), la llanta gira solidariamente con la cara que está en contacto con el suelo (neumático) en torno al eje de la carretilla, desplazando así el conjunto.

Diseño

Se trata de una pieza plástica de aspecto toroidal, con una hendidura central dispuesta para la colocación posterior del neumático; el hueco que hace las veces de eje central de este elemento sirve para colocar, inserto en él, el componente anteriormente descrito como eje, que irá fijado mediante una arandela por su cara interna y por un anillo de retención en la cara que enfrenta al exterior. La idea es que, asegurando estabilidad y rendimiento, esta pieza sea lo más ligera posible, por lo que presenta un vaciado interno a tales efectos, es decir, no se trata de una pieza completamente continua (Figura 78)

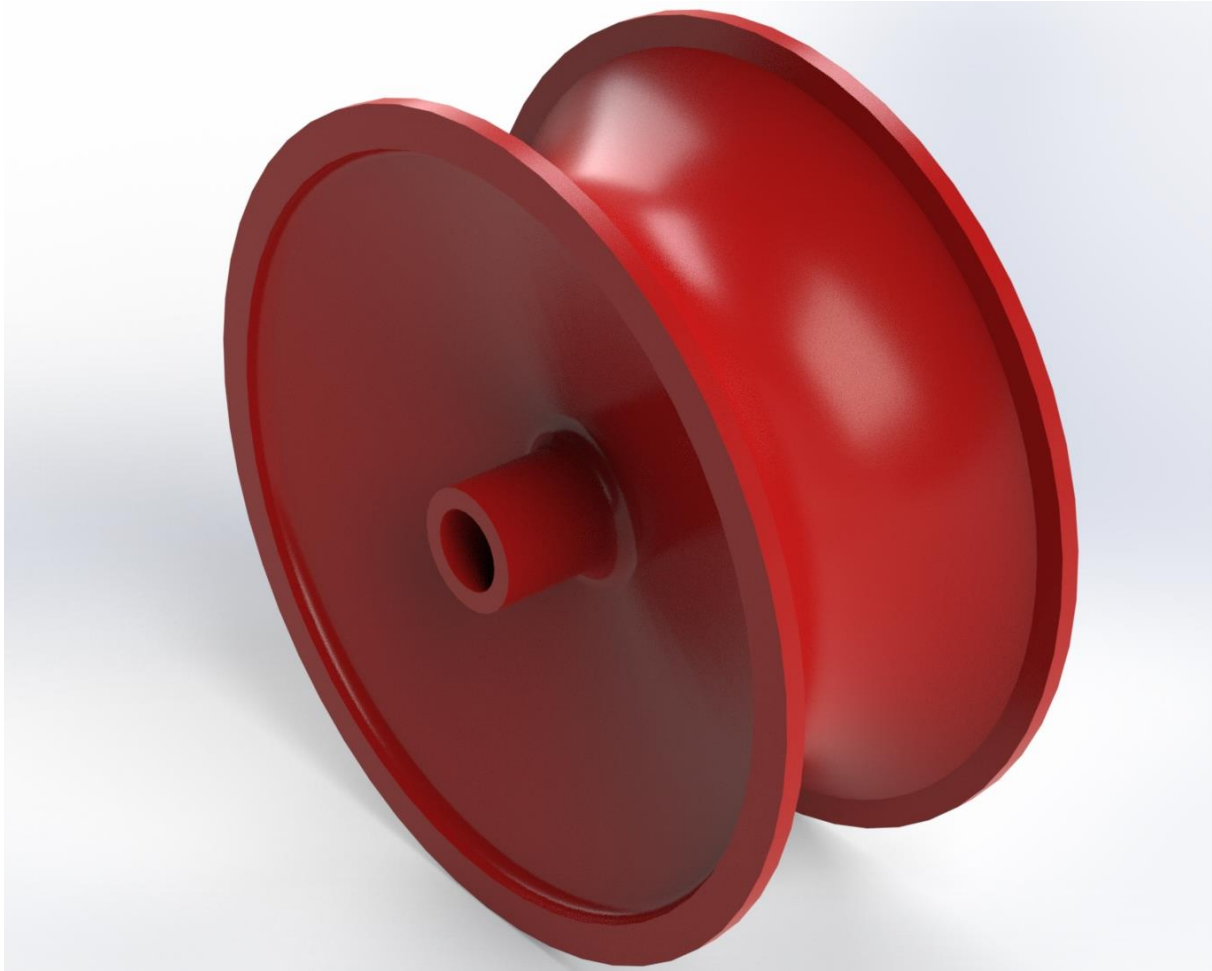


Figura 78: Vista de la llanta

La llanta tiene un diámetro total de 203.2 mm, por los 86 mm de ancho que presenta. Tras un escalón de 5 mm en horizontal y 7.5 mm en vertical a cada lado del ancho, presenta un vaciado interno de radio 45 mm, uniforme en todo el perímetro cubierto por el neumático. Con respecto a la cara vista desde el alzado, se tiene un hueco interno de 25 mm de diámetro (el pasante del eje), que a lo ancho mide 92 mm (3 mm más en cada lado que sobresalen del ancho de la llanta) y tiene un espesor de 5 mm. Este hueco para el eje sufre inmediatamente de su pared más lejana al mismo una separación de 35 mm del eje exterior, que se encuentra en la parte externa del radio de la llanta con una entrada de 5 mm desde el aro de 10 mm de espesor que remata la llanta radialmente en todo su ancho, pensado para la colocación del neumático. Ambos encuentros de esta línea diagonal creciente con las entradas desde la parte exterior de la llanta tienen un radio de 5 mm.

Material

Al precisarse un material con resistencia a impactos y buen comportamiento ante el ataque de elementos químicos (va a estar casi en contacto con el suelo, y por tanto con fitosanitarios), se plantea la opción de emplear el plástico ABS como en el caso de la plataforma.

- Neumático

Introducción

El neumático es el componente de contacto entre el suelo y la carretilla, y por tanto la parte de la carretilla que se va a encargar de transmitir los esfuerzos al suelo y rodar, dotando movimiento al conjunto.

Es una pieza sometida a desgaste por rozamiento (acrecentado por la acción de las cargas que transporta la carretilla) y elementos químicos presentes en el suelo de la finca; igualmente, al ser estos suelos generalmente superficies heterogéneas e irregulares pueden sufrir pinchazos, por lo que se decide incluir una solución para este problema concreto que reseñaban los clientes potenciales en el estudio.

Diseño

De manera complementaria a la llanta, se encuentra un componente con forma toroidal, hueco en su cara interna, y con hendiduras en lo que se conoce como banda de rodadura, que mejoran la adherencia y ayudan a desalojar el agua cuando se circula por superficies mojadas (Figura 79)

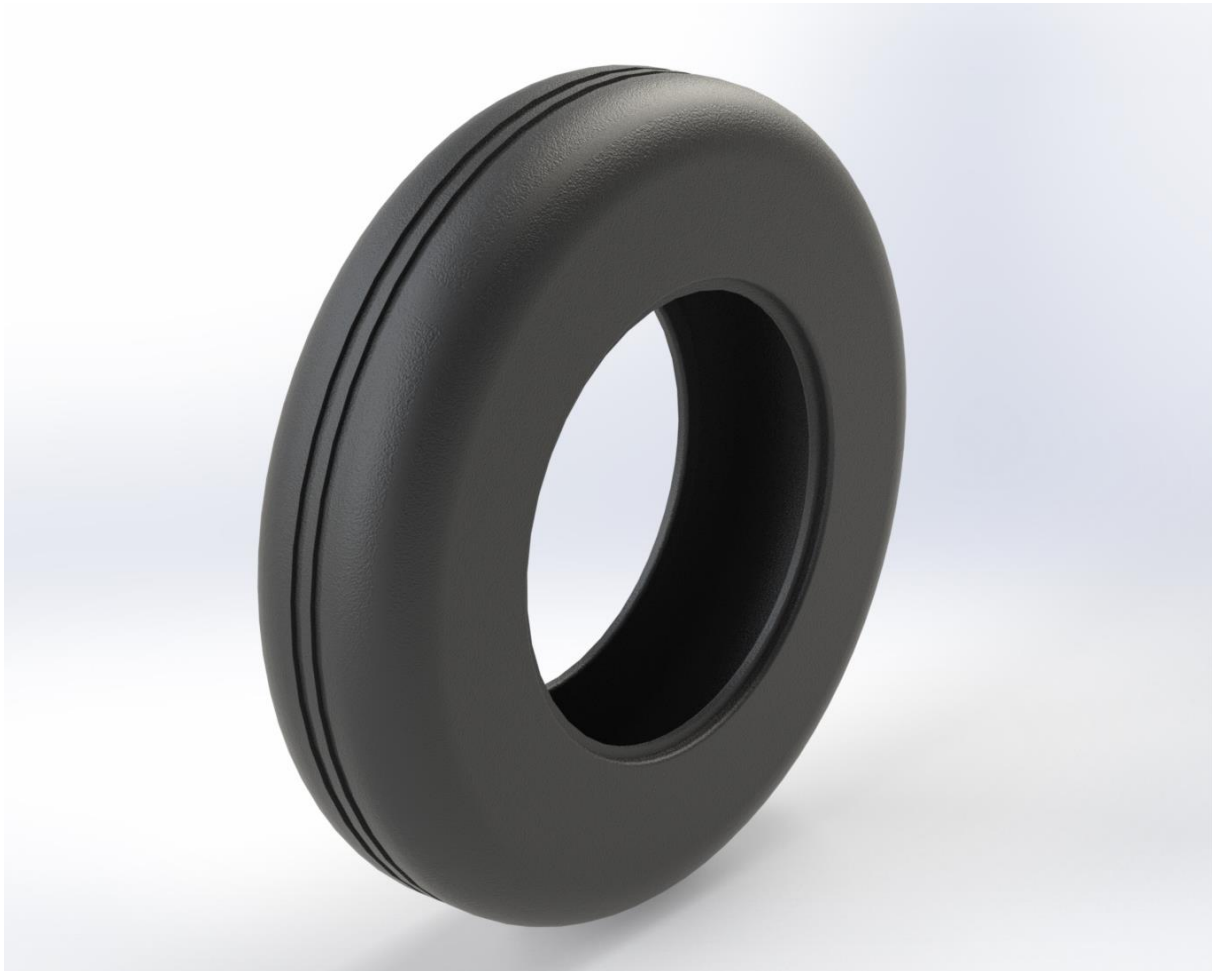


Figura 79: Diseño del neumático

El diámetro total del neumático es de 360 mm, siendo el ancho de la banda de rodadura de 86 mm. Se diseña un espesor de material de 5 mm, proyectando una superficie de contacto con la llanta a tope, para asegurar el giro solidario a esta. Las bandas de rodadura, dos canales lisos situados a 2.60 mm del punto medio del ancho del neumático, tienen una

anchura de 5.20 mm y una profundidad equivalente a la mitad del espesor de la goma (2.50 mm). El radio de encuentro entre la banda de rodadura y la banda lateral del neumático es de 30 mm; esta última tiene un ancho de 83.40 mm, por lo que queda un hueco interno (donde va alojada la llanta) de 193.20 mm.

Material

Al hilo de lo comentado sobre evitar pinchazos, conviene escoger un material diferente al tradicional caucho, que además de aportar este carácter diferencial, tenga un rendimiento parecido o superior a la solución existente. Para esta encomienda entra en escena el poliuretano, un polímero capaz de soportar grandes cantidades de peso, con mejor deslizamiento y manejo, una absorción de impactos superior al caucho y mayor resistencia a agentes químicos.

- Cesto

Introducción

Surge como una solución a la necesidad presentada en el estudio a incluir en el rediseño de la carretilla un componente que sirva para almacenar elementos auxiliares de trabajo o residuos acumulados para el mismo. En un intento de extraer del medio la solución actual (un trozo de garrafa amarrado a una de las asas de la carretilla), que en buena lógica es una alternativa que por ser más natural le será más atractiva al cliente, se plantea el incluir un cesto colgante del asa fija, mediante dos ganchos que irán sobre el perfil que conforma la misma.

Diseño

El diseño del cesto parte de la idea de mantener la superficie que queda enfrentada a la carga completamente vertical, de modo que esta quede separada y no interfiera con ella. Para aprovechar un poco más el espacio, la tapa abierta de este se hace de un mayor tamaño que el fondo, quedando así un espacio más grande para coger los objetos que se depositen en este (Figura 80)

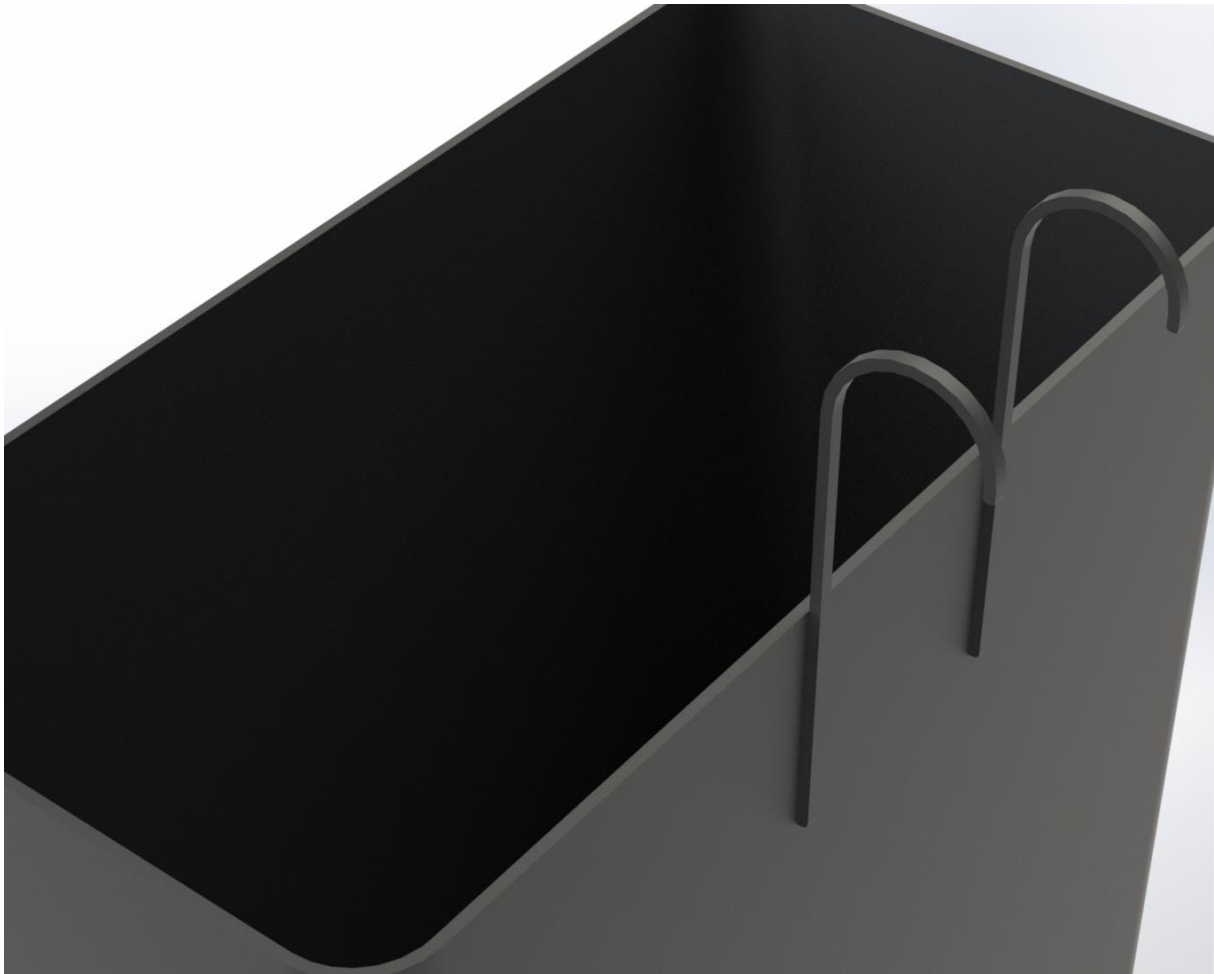


Figura 80: Detalle de las asas del cesto

Con espesor 2 mm y radios de encuentro de 15 mm, el cesto presenta una tapa superior abierta de 250x125 mm, por los 250x75 mm del fondo, por tanto, su largo es de 250 mm por un fondo variable entre 75 mm y 125 mm; la altura total es de 300 mm.

Los ganchos con los que irá sujeto al asa fija de la carretilla tienen una altura total de 82.5 mm, siendo 45.1 mm la unión con el cesto y el resto libre. Cada gancho tiene un espesor de 2.5 mm, 29 mm de anchura y 12.5 mm de radio interno, al igual que el radio externo del perfil elegido para el asa fija, elemento en el que va acoplado.

Material

Por su naturaleza, ya que no estará sometido a esfuerzos mecánicos muy altos, se busca un material polimérico ligero, con buena resistencia y fácil de moldear. El polipropileno copolímero se presenta aquí como una alternativa bastante interesante: duradero ante los efectos de la temperatura y los agentes químicos (importante esto cuando entre los elementos que puede contener es posible que existan vertidos de fertilizantes), resistencia a impacto y rigidez superiores a otros polímeros comparables, como el polietileno,

6.5. Simulación mediante herramientas CAD-CAM

Antes de comenzar la simulación de los elementos que componen la carretilla (y sus interacciones), conviene estructurar el orden en el que se van a realizar y la relación entre componentes a la hora de transmitir las cargas, así como establecer cuáles van a ser los estados de carga que van a fundamentar el ensayo.

Esencialmente se van a presentar dos tipos de esfuerzos en el conjunto, los debidos a la carga que se transporte, y los debidos a la fuerza aplicada para hacerla avanzar. La simulación de estas solicitaciones se realizará mediante análisis estáticos, por lo que previo a su preparación y ejecución se presentarán los componentes y las cargas a las que está sometido.

En los siguientes esquemas (Figura 81) se puede observar el flujo de trabajo a la hora de elaborar los análisis técnico-mecánicos en los componentes de la carretilla.

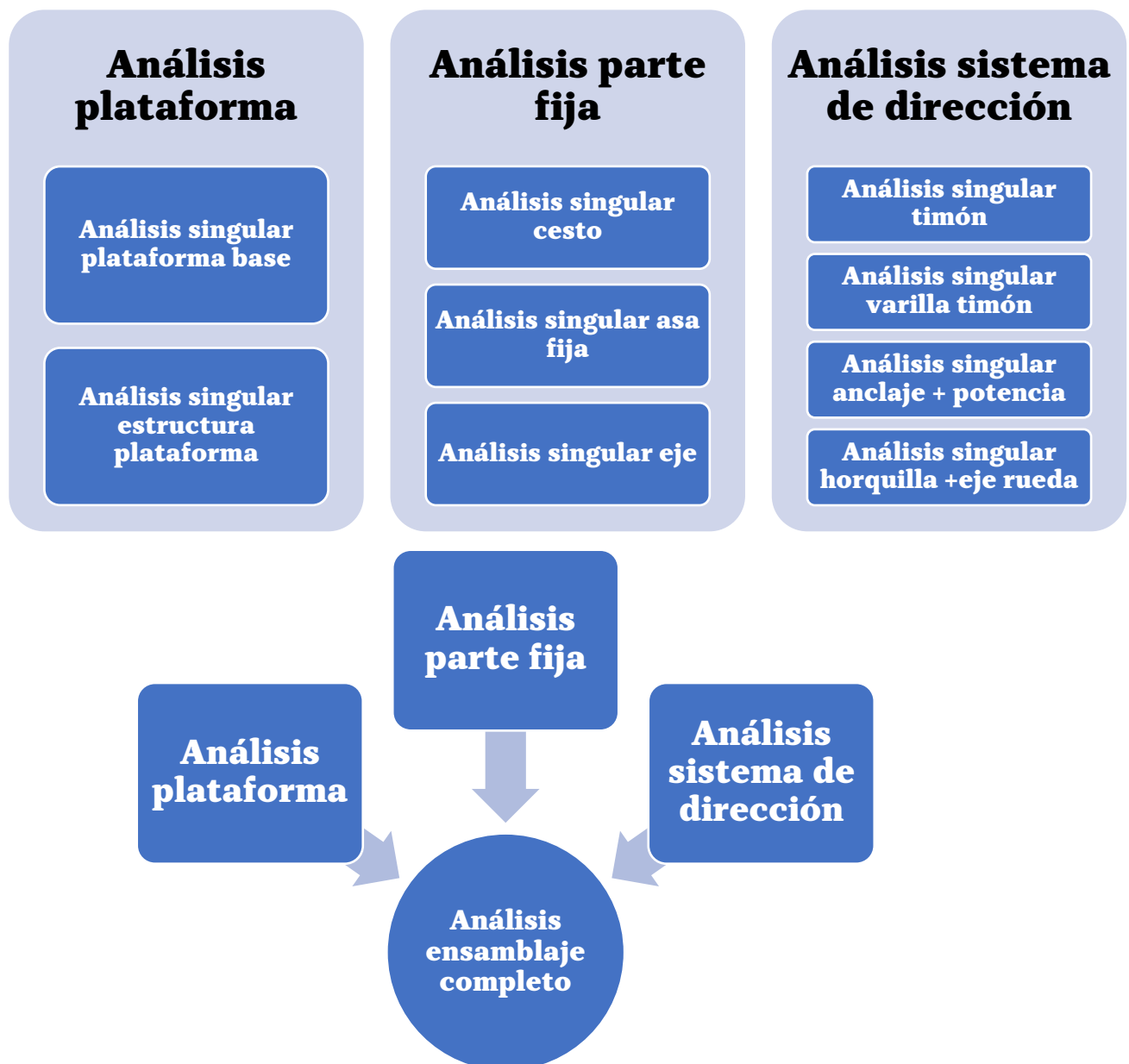


Figura 81: Representación gráfica del flujo de análisis CAD-CAM de la carretilla

6.5.1. Análisis singular plataforma base

- Consideraciones previas

La plataforma base es un componente sometido a una carga estática, que como se determinó en el apartado 3 de la sección número 7 del trabajo es de 126,35 kg (calculada teniendo en cuenta el uso dado a esta herramienta de trabajo). Este peso se considera que va a estar uniformemente distribuido en la superficie de la plataforma, que se encuentra encajada sobre la estructura de la plataforma en la superficie que delimitan acanaladuras de su cara inferior. Estas van a soportar el peso cargado y transmitirlo al resto del conjunto, por lo que, atendiendo a su naturaleza, se coloca una sujeción de tipo bisagra fija, ya que esta cara cilíndrica sólo se puede mover sobre su propio eje y no en el plano que incluye la superficie de carga de la plataforma base.

A la hora de introducir la carga en la simulación, se selecciona la opción fuerza externa, aplicada sobre la cara superior de la plataforma base. Para emplear unidades del sistema internacional, la carga expresada en kg se convierte a Newton tal como sigue:

$$P_{cajas} = m \cdot g = 126,35 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1239,49 \text{ N}$$

Y con objeto de simplificar, se aproxima la cifra a 1250 N. Una vez calculada la sollicitación total, hay que aclarar que este peso es soportado por dos partes, por lo que la simulación se realiza aplicando una carga de 625 N.

En cuanto a la flecha máxima estipulada como admisible para la carretilla, se establece que al no haber un valor de cálculo aplicable por normativa (como sucede en el caso de las estructuras metálicas), esta sea del 1,25 % de la longitud de la plataforma base. Por tanto:

$$\delta_{\text{máx}} = L_{\text{plataforma base}} \cdot \frac{1,25}{100} = 9,69 \text{ mm}$$

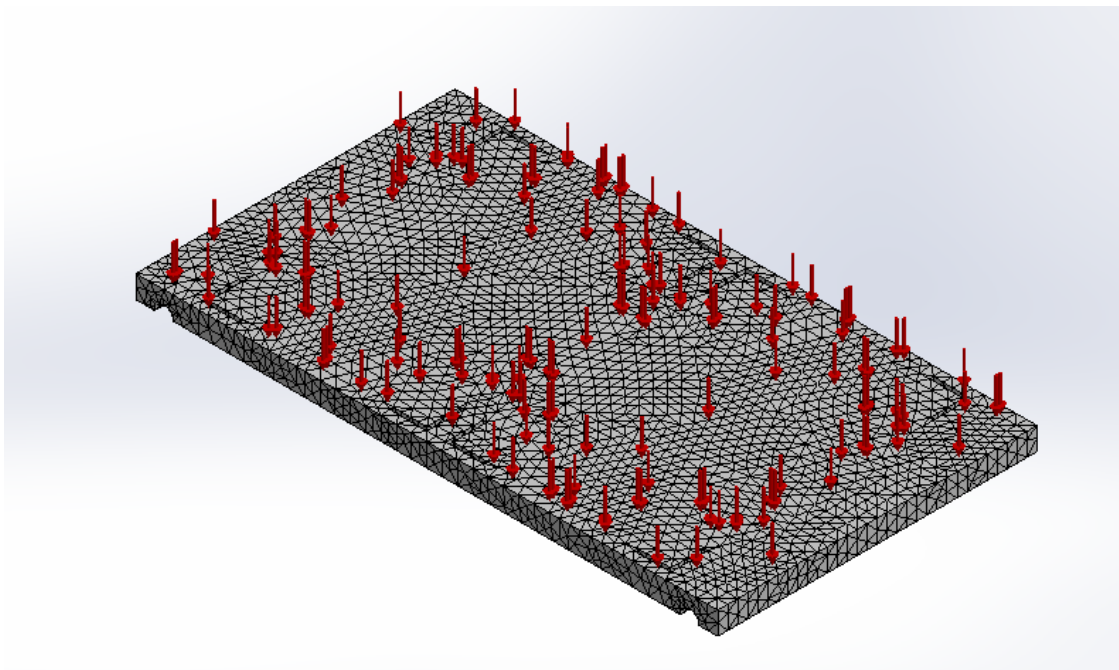


Figura 82: Modelado de la plataforma base, mallado y con la representación de las cargas aplicadas

Se realiza un mallado de la pieza basado en la curvatura (Figura 82), lo cual significa que este será más preciso en aristas y formas complejas que con respecto a las zonas regulares, con las siguientes características (Figura 83):

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 15 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 5 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 10 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1,5 |

Figura 83: Características de malla fina

- Resultados de la simulación

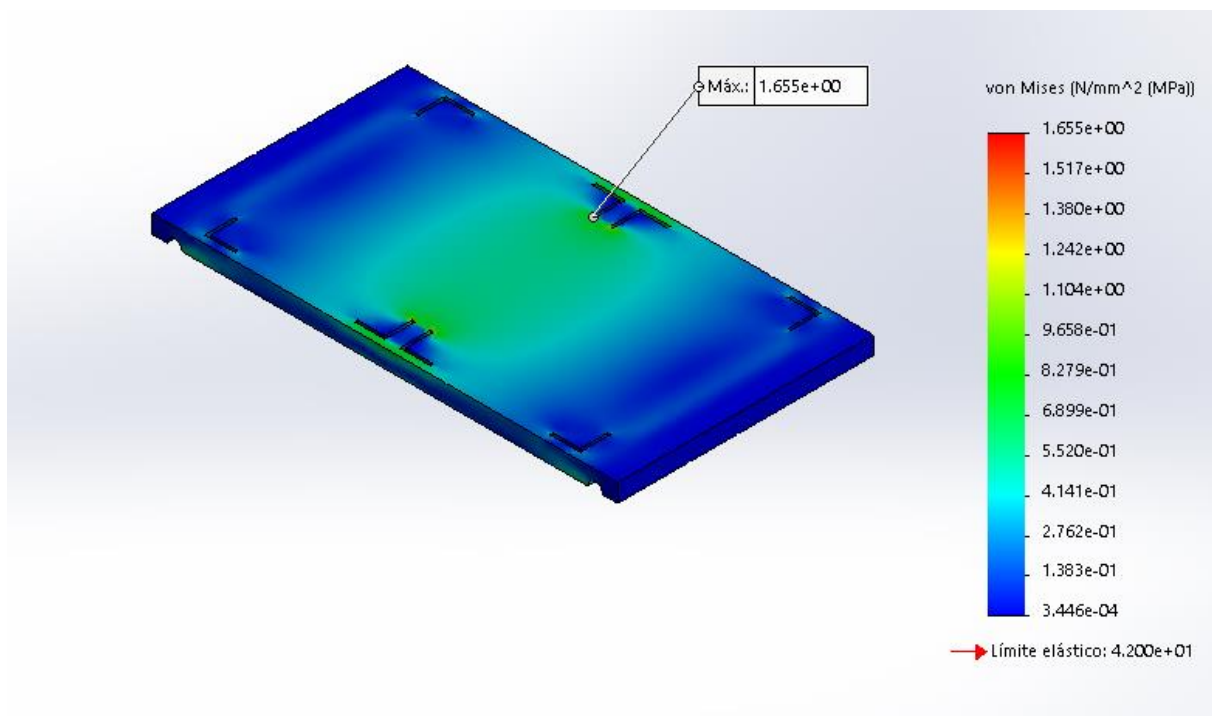


Figura 84: Tensión máxima en el modelo original [MPa] (3,96%)

El punto máximo de tensión en la plataforma cargada se halla en el centro de esta, en los alrededores de las hendiduras practicadas a efectos de apilar/encajar las cajas. Esta tensión máxima tiene un valor de 1,66 MPa (Figura 84), dato que queda bastante alejado del límite elástico del material (42 MPa).

En cuanto a la flecha máxima observada el punto de mayor valor se encuentra, al igual que la tensión máxima, en los alrededores de las hendiduras presentes en el centro de la plataforma; en este caso, es en el canto de la plataforma, con un valor de 0,51 m (Figura 85).

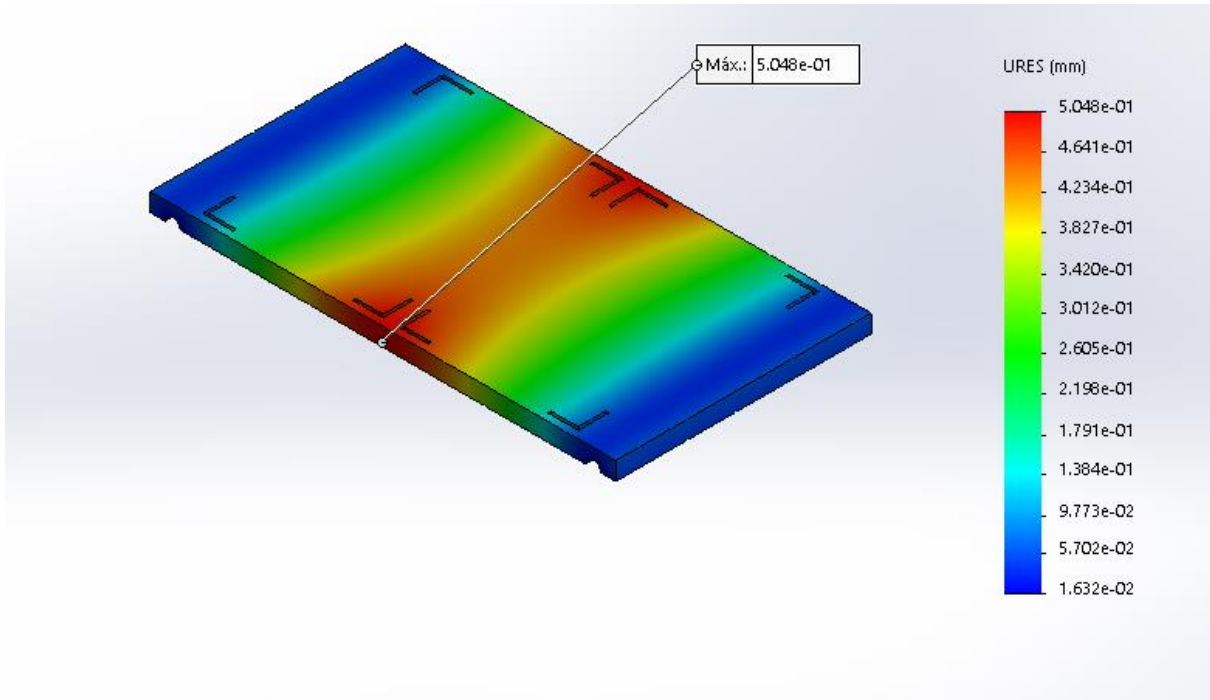


Figura 85: Desplazamiento máximo [mm] (52,09%)

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

De las simulaciones efectuadas en el punto anterior, se puede extraer que la pieza está sobredimensionada en cierta manera, ya que se alcanza menos del 5% del valor máximo admisible de tensión en los puntos de máxima exigencia de esta; sin embargo, el valor de flecha máxima encontrado sí que se acerca al valor estipulado como máximo.

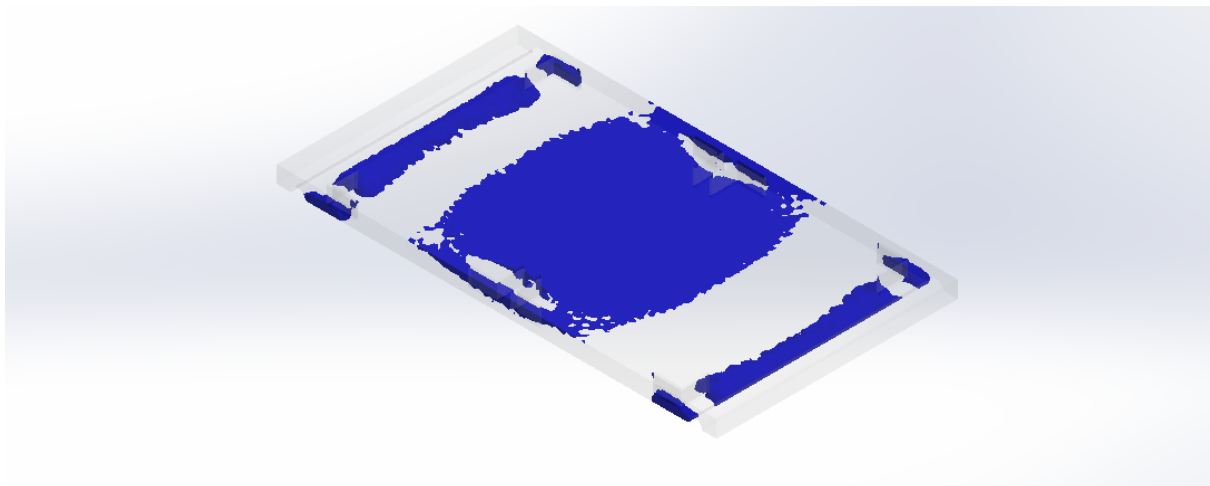


Figura 86: Trazado de percepción del diseño, donde se muestra la distribución de la carga en el sólido analizado

Para comprobar en que partes hay que plantear una remodelación que reduzca el efecto de la flecha en la composición de la plataforma, se ejecuta el comando de percepción del diseño (Figura 86), que traza sobre el sólido tridimensional aquellas regiones que soportan la carga de una manera más efectiva, por lo que da una pista de aquellas zonas de la pieza original correctamente dimensionadas (e incluso susceptibles de ser reforzadas) y de aquellas cuyo aporte a la hora de soportar la carga es menos eficiente en relación a su volumen.

A la vista de este trazado o trayecto de cargas, se propone realizar un rediseño de la plataforma tal que el espesor se reduce de sus 30 mm iniciales a 20 mm, así como una serie de vaciados en su parte central; estos vaciados consisten en una reducción de 10 mm de espesor en un rectángulo inserto entre las hendiduras de anclaje, con dimensiones 380 x 280 mm, y en una serie de círculos de 30 mm de diámetro inscritos dentro del mismo con una separación entre centros de 40 mm a lo largo y a lo ancho que conforma un total de 126 vaciados por unidad de plataforma.

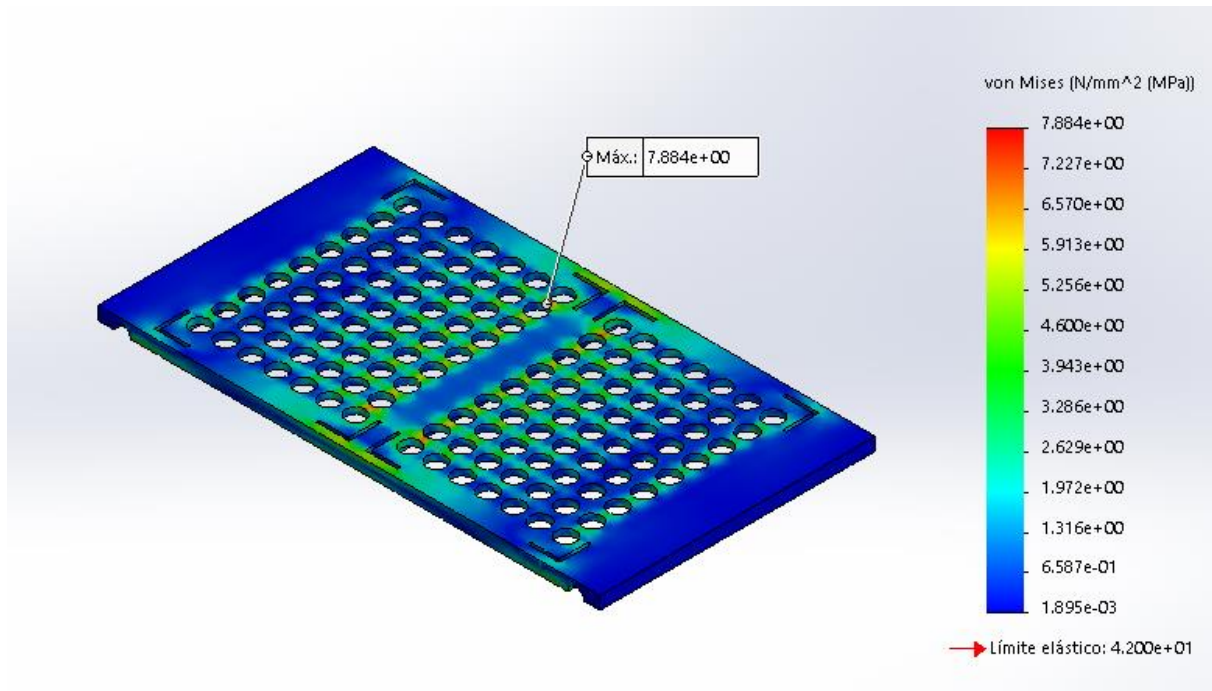


Figura 87: Estado tensional de la segunda versión [MPa] (18,77%)

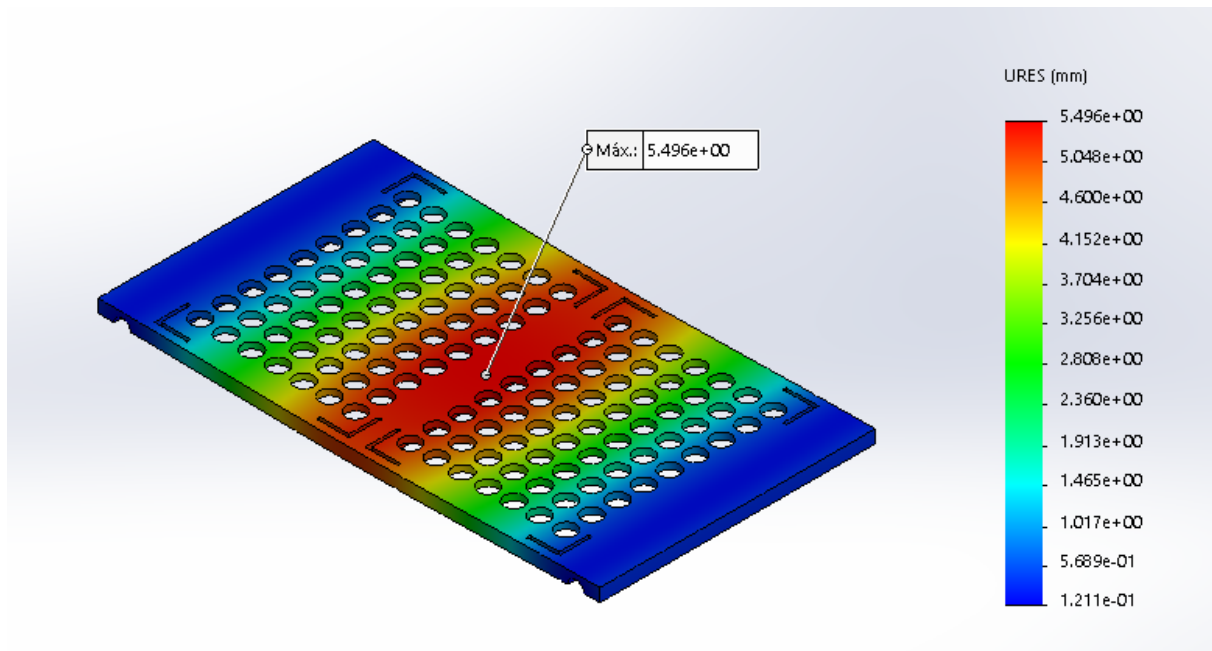


Figura 88: Desplazamiento máximo en la segunda versión [mm] (56,72%)

En este caso, el valor máximo de tensión que aparece en la plataforma (7,88 MPa, Figura 87) sigue estando muy lejos del límite elástico del material, mientras que el valor de flecha

máxima se encuentra muy por encima de lo admisible, con casi 55 mm de flexión en su posición mayor (Figura 88); nótese en la imagen adjunta la magnitud de esta que aun siendo el factor de escala 1:1, se puede apreciar la deformación del material.

Esta segunda iteración invita a reflexionar sobre dos aspectos: es posible aligerar aún más la plataforma reduciendo el espesor o corrigiendo las dimensiones de las zonas que no se rebajaron, y es necesario buscar una solución de compromiso que aumente las prestaciones a efectos de la flexión minimizando el material utilizado. Esta segunda vía (que realimenta a la primera) se puede explorar mediante un cambio en la sujeción de la plataforma base a la estructura. Hasta ahora se ha trabajado con una estructura que se encontraba simplemente apoyada o encajada a la plataforma tubular; si bien es el camino más sencillo para su uso, el hecho de que no esté fijada hace que al cargar la carretilla exista una rotación entre el canal de la plataforma base y el perfil tubular de la estructura dónde se asienta (la sujeción tipo bisagra de la que se hablaba en los aspectos previos).

Una solución plausible, y dentro del marco en el que se mueve el presente proyecto, es desechar los canales de apoyo y realizar el contacto entre plataforma base y estructura mediante el uso de una unión atornillada con una banda de goma de refuerzo que cubra el perfil tubular. De este modo, la plataforma base tiene un soporte plano y se elimina el problema de la rotación que aparecía con la pieza continua.

Se realiza otro ensayo teniendo en cuenta todo lo comentado anteriormente:

- Modificación del sistema de fijación, eliminando los canales para formar una plataforma plana de 15 mm de espesor, con 4 agujeros para tornillo de métrica 5 a 12,5 mm del lado corto y 25 mm del lado largo en cada esquina; además, se redondean dichas esquinas con radio 25 mm.
- Al prescindir de los canales, la longitud de la plataforma se adapta a la de la estructura, pasando de 775 mm a 725 mm; esto repercute a la flecha máxima, que ahora será de 9.06 mm.

$$\delta_{\text{máx}} = L_{\text{plataforma base}} \cdot \frac{1,25}{100} = 9,06 \text{ mm}$$

- Se decide tomar una decisión respecto al material, buscando un polímero más económico, con similar comportamiento ante agentes corrosivos y que incluso pueda tener peores prestaciones mecánicas (no es limitante en este aspecto). Tras efectuar una comparativa, el nuevo material es el PVC rígido.
- Para atenuar un poco los efectos de la flexión en la parte central, se añade un recreado de 10 mm de espesor, 5 mm de pared y 100 mm de longitud en la zona central de la plataforma.
- Visto el poco impacto que tiene, se abren las hendiduras formando una especie de triángulo, lo cual facilitará el apilamiento de las cajas a la vez que reduce masa. Esta modificación hace que los vaciados tengan un espaciado menor, de 35 mm.

Se hace necesario comentar que en esta simulación la sujeción bisagra fija se sustituye por la sujeción fija, que restringe el movimiento en los 3 ejes; esto es así porque el atornillado hace que no haya movimiento en el plano de la plataforma y la junta de goma restringe su movimiento en el plano perpendicular. Esta junta de goma ocupa un ancho de 25 mm desde los lados cortos de la plataforma.

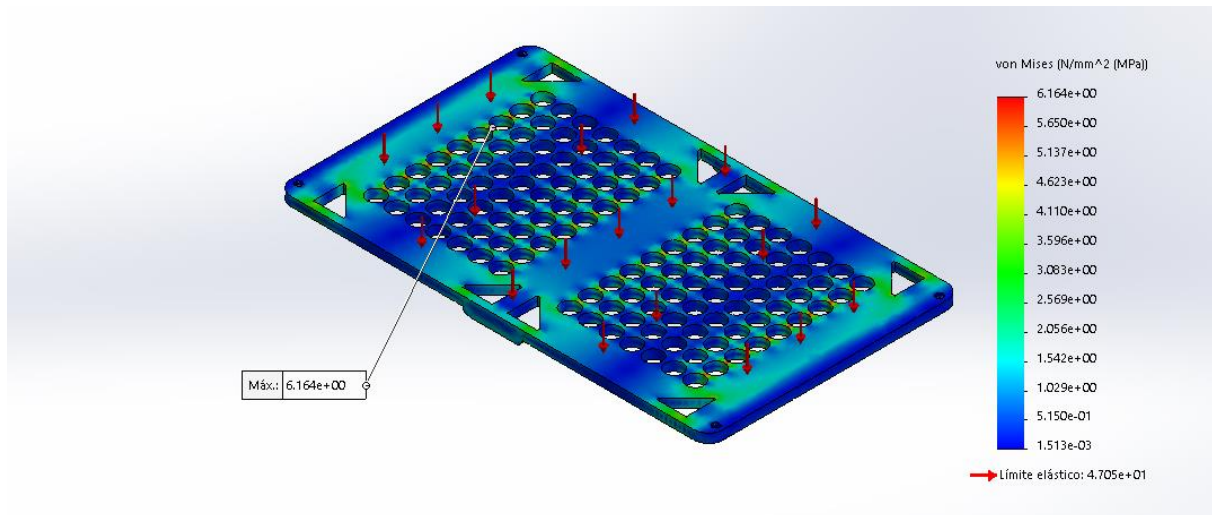


Figura 89: Estado tensional de la tercera versión [MPa] (13,10%)

Este ensayo con el nuevo diseño de plataforma base tiene un resultado aceptable. La tensión equivalente máxima es de 6,16 MPa (Figura 89) y la flecha máxima de 2,85 mm (Figura 90), ambos resultados dentro de los márgenes estipulados para el componente.

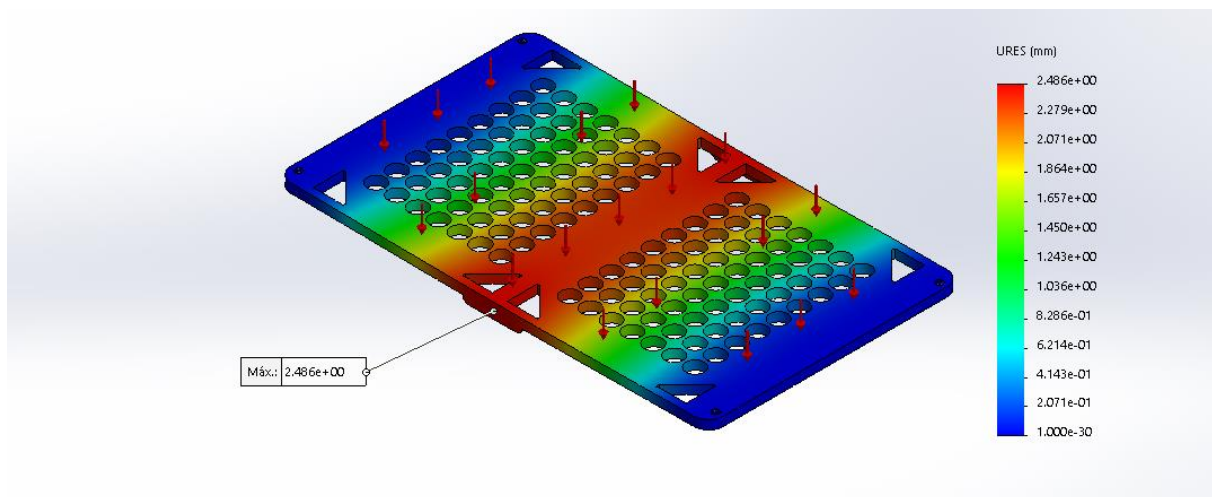


Figura 90: Desplazamiento máximo tercera versión [mm] (27,44%)

6.5.2. Análisis singular estructura plataforma

- Consideraciones previas

La estructura de la plataforma es un componente metálico que sirve como apoyo a la plataforma base y transmisor de cargas al resto de componentes en dirección a la tierra a través de 3 puntos: 2 uniones atornilladas simétricas con el componente asa fija, y un sistema de anclaje de tipo abrazadera donde se une al sistema de dirección (que consta de una rueda).

La carga que soportar en este caso es la máxima estipulada, que como se calculó en el caso de la plataforma base tiene un valor de 1250 N, aplicados a través de la junta de goma (de ancho 25 mm) con la mencionada plataforma, cubriendo 850 mm de cada uno de los lados largos y paralelos de la estructura. En cuando a la flecha máxima admisible, por el mismo criterio que en el caso de la plataforma base, se estima que esta sea de un 1,25% de la

longitud total, esto es, 10,94 mm en el caso de los laterales, y 7,81 mm en el lado que contiene el anclaje.

A efectos de simular las uniones atornilladas para esta simulación discreta de la estructura, se asume que existe una sujeción de tipo fijo en estos dos puntos simétricos. Con respecto al anclaje donde se ubica el sistema de dirección, se aplica una restricción de movimiento radial y circunferencial, si bien no existe fijación como tal para el movimiento axial, esto es, simula el comportamiento del anclaje, sin sistema de retención en el plano de vista lateral.

El mallado del sólido (Figura 92) se realiza con las mismas características que la plataforma base, una malla basada en curvatura con los parámetros siguientes (Figura 91):

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 15 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 5 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 10 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1,5 |

Figura 91: Parámetros de mallado

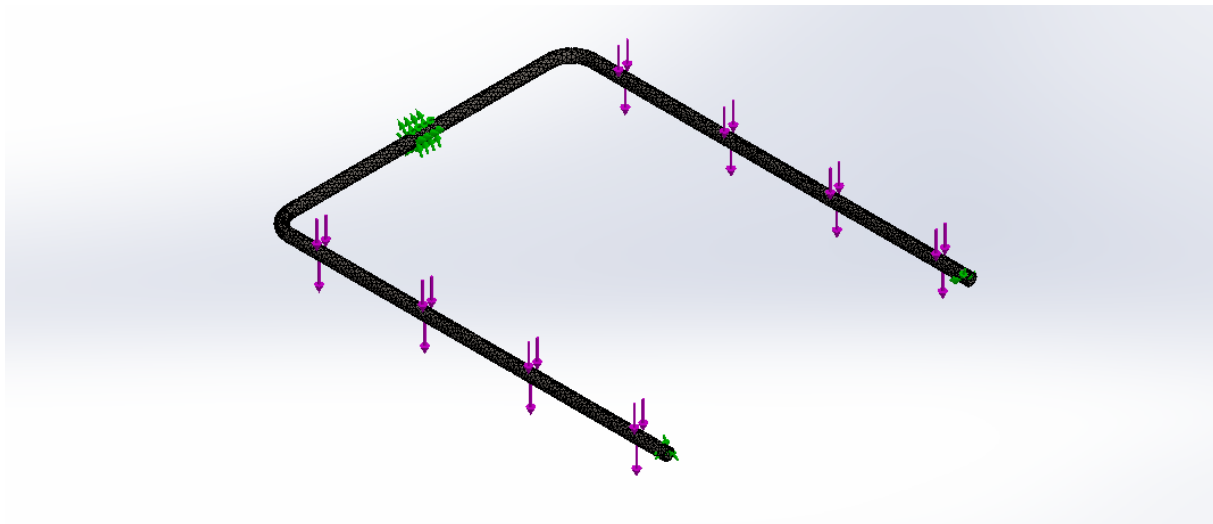


Figura 92: Modelado de la estructura de la plataforma

- Resultados de la simulación

La ejecución del análisis permite, a través de la representación gráfica de tensiones en el sólido, dar a conocer que, si bien en general no se sobrepasa el límite elástico del material, sí que existe una pequeña región donde la sollicitación aplicada produciría daños irreversibles. Esta zona se ubica en los alrededores del taladro practicado para alojar el tornillo que unirá este componente al asa fija. El valor máximo de 523,3 MPa prácticamente triplica el límite elástico del material (Figura 93); si bien, como se comenta, aparece solo en una pequeña región como se puede ver en la vista de detalle de la zona en concreto (Figura 94).

En cuanto a la flexión máxima (Figura 95), es de 2,11 mm en la zona de los laterales paralelos, lo cual entra dentro de lo esperado y del límite admisible.

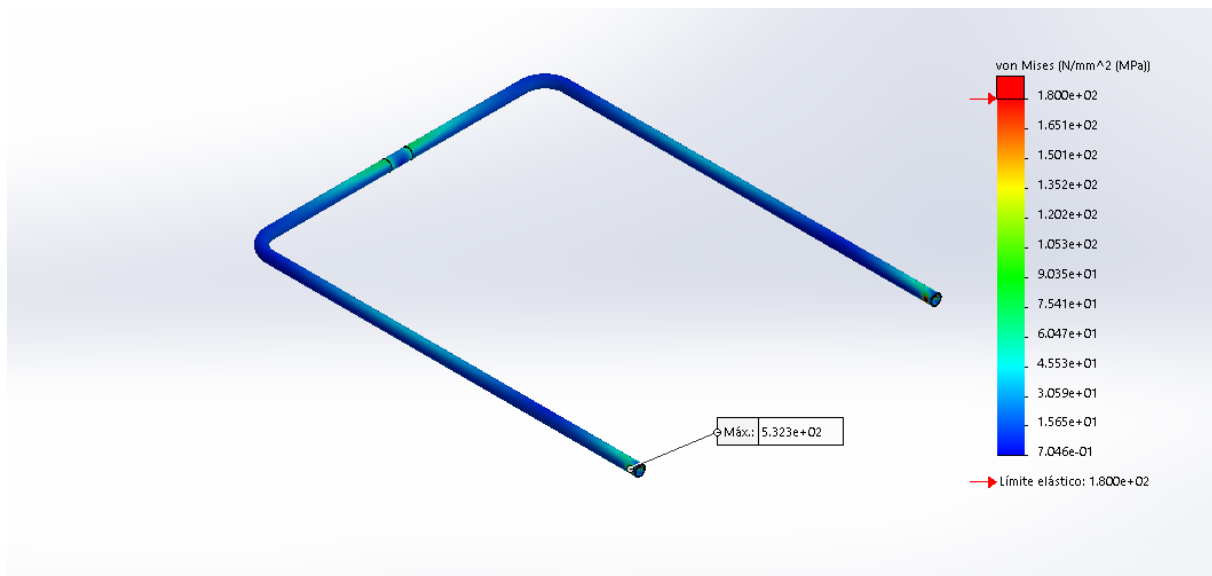


Figura 93: Estado tensional del diseño original [MPa] (295,72%)

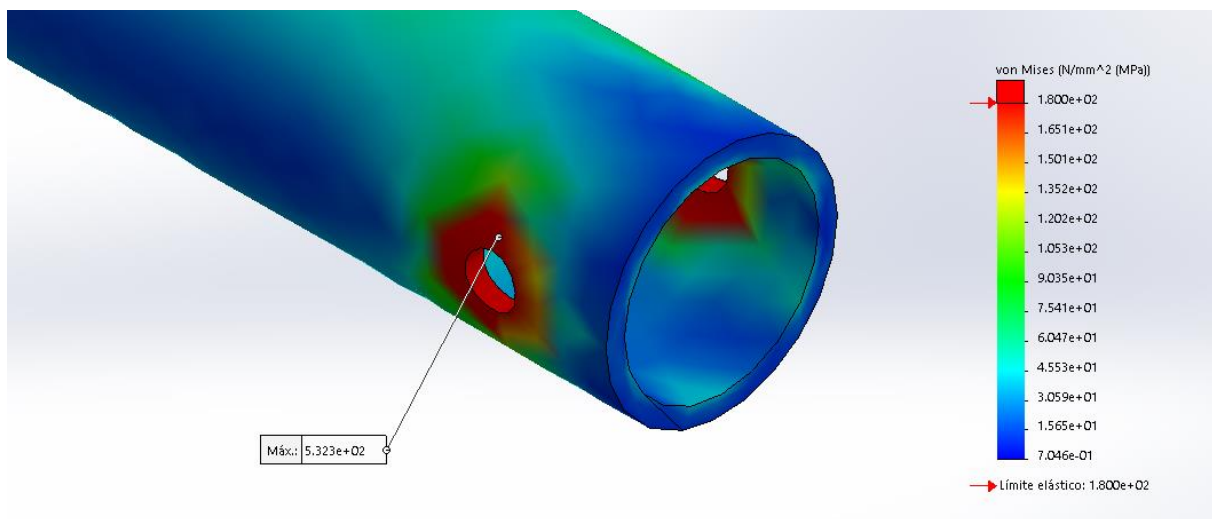


Figura 94: Detalle de la zona de tensión máxima

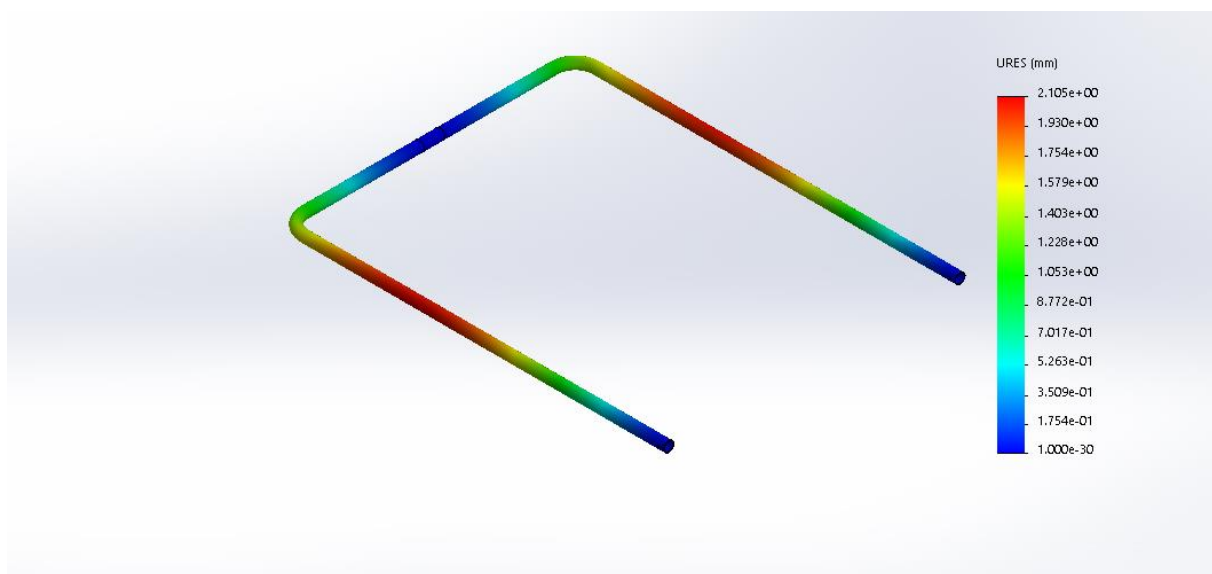


Figura 95: Deformación del modelo [mm] (19,24%)

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

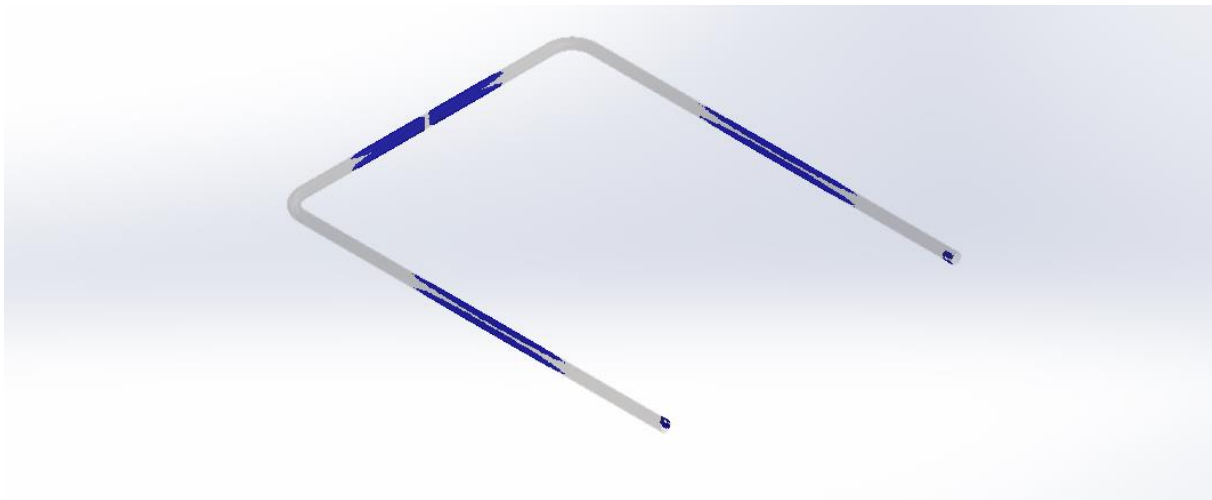


Figura 96: Trazado de percepción del diseño

La ejecución de un trazado de percepción del diseño en esta pieza (Figura 96) arroja el resultado esperado a tenor de los resultados de esfuerzos, siendo las zonas más cargadas las partes centrales de cada una de las 3 barras que la conforman, así como los alrededores del taladro. En este caso, dado que se trabaja con perfilería estándar, no es posible la libertad de cambios en el diseño que se daba en el caso de la plataforma base; es evidente que la unión atornillada propuesta para con el asa fija no es posible a la hora de transmitir las cargas, por lo tanto, el principal objetivo de modificar la estructura va a ir en ese sentido.

Una solución similar y bastante simple sería el uso de conectores de tubos en cruz (Figura 97), ya que aumentaría la sección de esa área de unión sometida a torsión (y que produce una tensión no admisible). El problema de esta solución no es otro que el incremento de coste que tendría su inclusión en el proyecto, probablemente inadmisibles para que entrase en el margen esperado.



Figura 97: Ejemplo de conector de tubos cruzados

Otra solución alternativa, la cual se va a someter a análisis para comprobar su validez, es la inclusión de una cartela de refuerzo con nervio a 45° (Figura 98). En este caso, los ejes de los perfiles tubulares que conforman el asa fija y la estructura no se cruzarían en el espacio, sino que se cortarían. La longitud de los lados largos de la estructura se vería reducida en 25 mm, quedando la parte antes saliente como una junta a tope con la estructura del asa fija; el perfil (proyectado en 50 mm de longitud en cada dirección, y una chapa de 2 mm que recubra medio perfil) permitirá un mejor reparto de la carga en esta

zona. Esta nueva pieza se atornillaría a la estructura base en el mismo punto en el que se fija la plataforma base, por lo que ese taladro queda pasante en la estructura.



Figura 98: Renderizado de la cartela a emplear

Para simular los efectos de la colocación de esta pieza en la estructura, se procede a simular su acción como la sujeción fija de los tornillos más la sujeción tipo bisagra fija en el medio perfil que cubre esta.

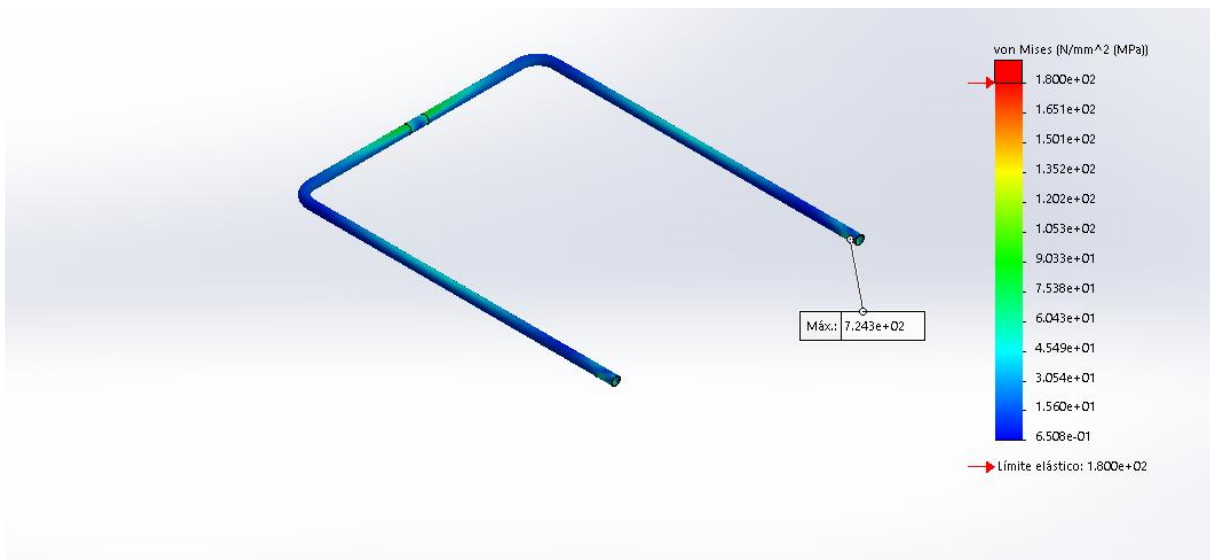


Figura 99: Simulación y resultado de tensiones de la segunda versión [MPa] (402,39%)

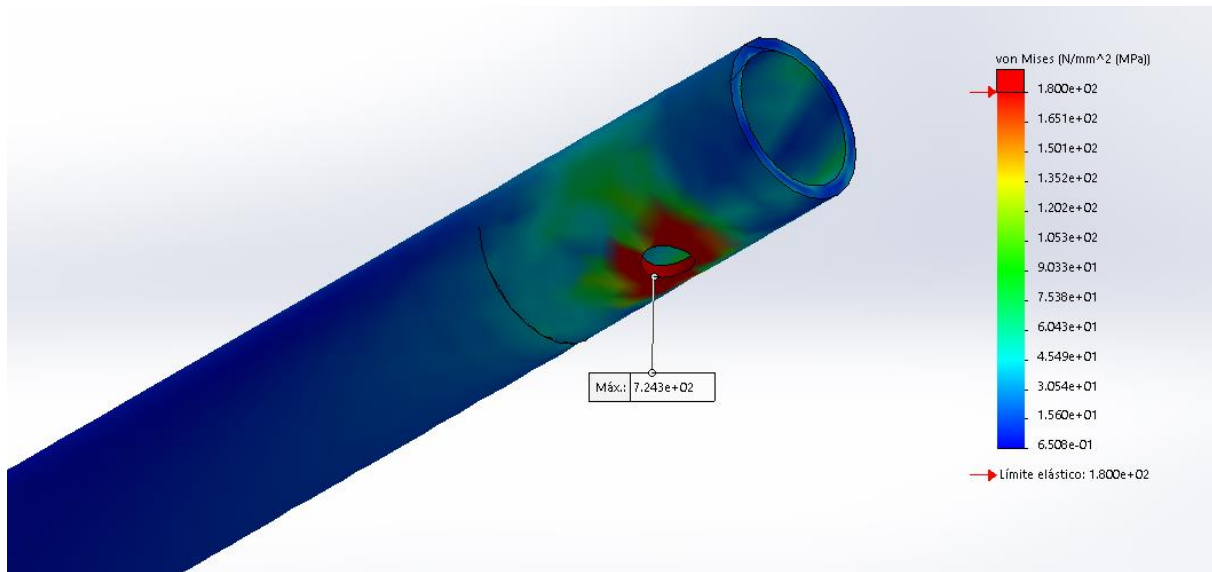


Figura 100: Detalle de la zona más tensionada

Al contrario de lo esperado, la solución propuesta no hace sino aumentar la tensión máxima experimentada, en el escalón entre el final de la cartela y el perfil, donde el esfuerzo combinado de flexión y cizalla es tal que se experimenta una tensión que supera en un 100% la máxima estipulada por el material (Figuras 99-100).

A la vista de que el resto de las regiones sufren menos (lo cual nos lleva a pensar que usar otro perfil y/o material no es una opción óptima), y que acudiendo al trazado de cargas la zona central está “desatendida”, se toma como decisión de diseño el prolongar el final del asa fija hasta cerrarse en una zona céntrica de la estructura de la plataforma. Si bien es una solución no deseada porque se añade material y por ende el coste aumenta, es la forma más sencilla de obtener una estructura segura y que cumpla con las solicitaciones especificadas.

Para la primera simulación, y a modo de prueba, se decide prolongar el final del asa fija perpendicularmente al eje, acabando este perfil con un troquelado semicircular (lo que se conoce como “boca de pescado”) que irá encajado en la estructura, de modo que ese trozo de apoyo quede empotrado (sujeción para caras cilíndricas sin traslaciones radiales, circunferenciales ni axiales).

En el caso de la unión de los puntos finales de la plataforma con el asa fija, no es posible usar la tornillería de la manera que se planeó inicialmente; al ser la solución de la cartela ineficaz, se toma la decisión de soldar un aro de chapa metálica en el interior del perfil de modo que se atornille el asa fija en ese punto a modo de racor, simulado con una sujeción fija.

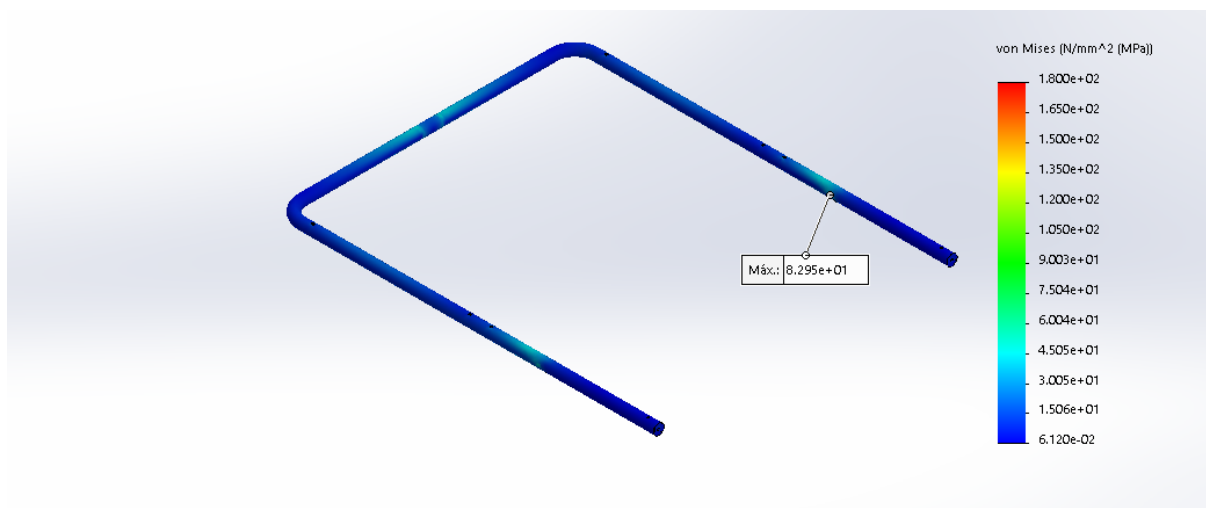


Figura 101: Estado tensional de la versión 3 [MPa] (46,08%)

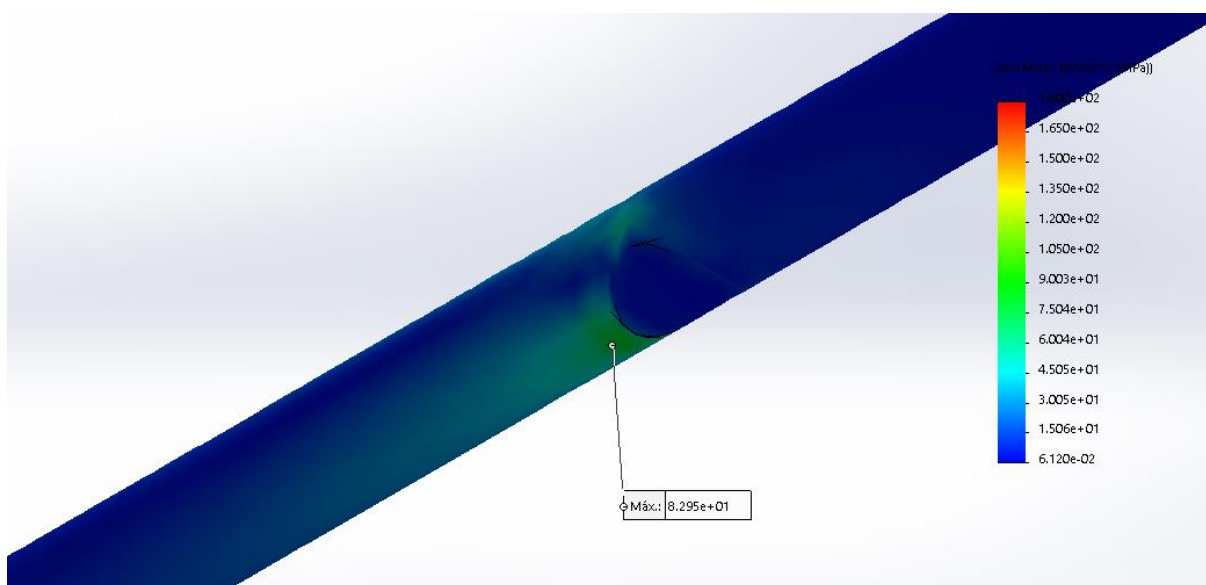


Figura 102: Detalle de la zona más tensionada

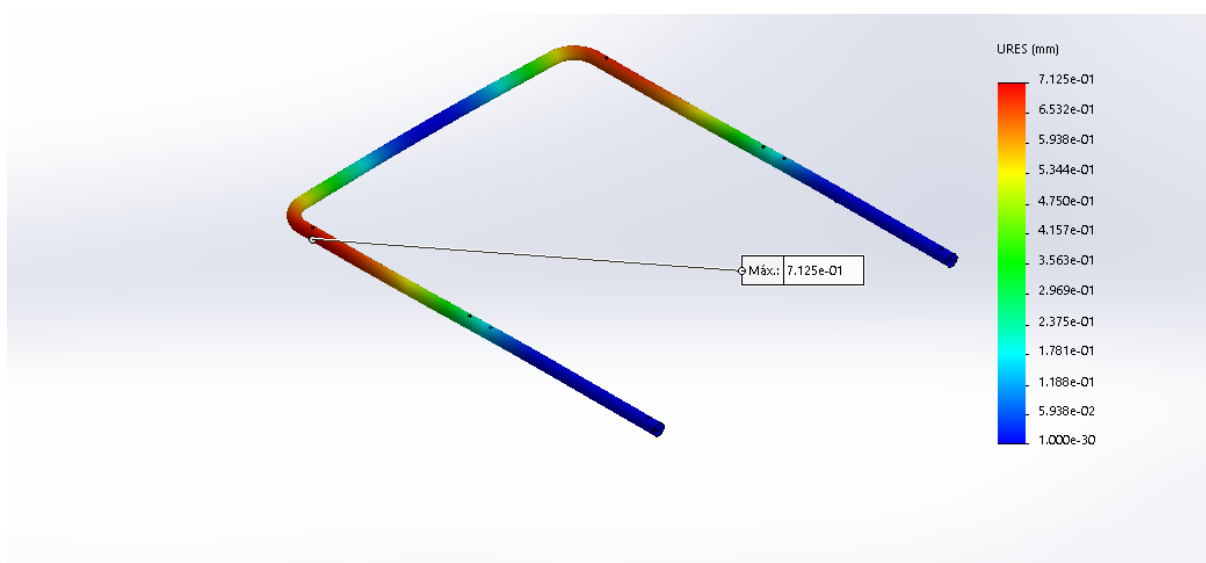


Figura 103: Deformación de la versión 3 [mm] [6,49%]

Con la modificación propuesta se consigue reducir la tensión máxima experimentada a 82,95 MPa (aproximadamente el 50% del límite elástico del material, Figuras 101-102), punto que se encuentra en las inmediaciones del apoyo. En cuanto a la flexión experimentada por la estructura, se reduce hasta los 0,71 mm en su máximo valor (Figura 103).

6.5.3. Análisis plataforma

- Consideraciones previas

En este caso se presentará el análisis de la plataforma como conjunto, incluyendo este el ensamblaje de todas sus partes, la interacción y los contactos existentes entre las mismas, de modo que se realice una comprobación de que las simulaciones individuales han sido correctas y el dimensionado es válido para su aplicación al proyecto.

Consta este ensamblaje de 5 sólidos: una estructura de plataforma, dos juntas de goma y dos plataformas base. La relación de conexión entre ellas que se introduce para su correcta simulación es de unión rígida en el caso del contacto entre la estructura y las juntas (como la aplicación de algún tipo de adhesivo) y entre dichas juntas de goma y las dos piezas de plataforma base existe un contacto sin penetración (permite separaciones, pero no existen interferencias entre sólidos).

Otra parte importante para detallar es la tornillería que unirá los 3 componentes de la plataforma entre sí, y que conviene detallar al completo puesto que se debe especificar posteriormente. Se escoge tornillería hexagonal de rosca métrica de acuerdo a la norma DIN 931 (Figura 104); para el caso que ocupa este análisis, dicha tornillería será de métrica 5 y paso 0,8, debiendo tener una longitud mínima de 19,5 mm (15 mm de la plataforma, 2,5 mm de la junta y 2 mm de espesor del perfil metálico), por lo que la longitud estándar elegida es 20 mm. Será de calidad 8.8, esto es: con resistencia 800 N/mm² y límite de rotura por tracción del 80% de este valor, es decir, 640 N/mm².

| | |
|---|-------------------|
| Tornillería plataforma | M5x20 DIN 931 8.8 |
| Según norma | DIN 931 |
| Tipo | M (ordinario) |
| Resistencia tornillo (clase calidad) | 8.8 |
| Paso | 0.8 |

Figura 104: Características de la tornillería empleada

Se requiere para el contacto mediante este tornillo estándar o refrentado un par de apriete de 4,73 N·m, existiendo un factor de fricción $K = 0,20$. El material seleccionado para los tornillos es el acero 1.7033 (34Cr4), que tiene una masa de 3,87 kg por cada 1000 unidades (UNE Normalización Española, 1981)

Acerca de las restricciones/sujeciones del modelo se mantienen como en los análisis individuales, con restricción rotativa en el apoyo y la zona de la sujeción y geometría fija en el atornillado. Por su parte, la carga se distribuye en la superficie de las dos plataformas base.

- Resultado de la simulación

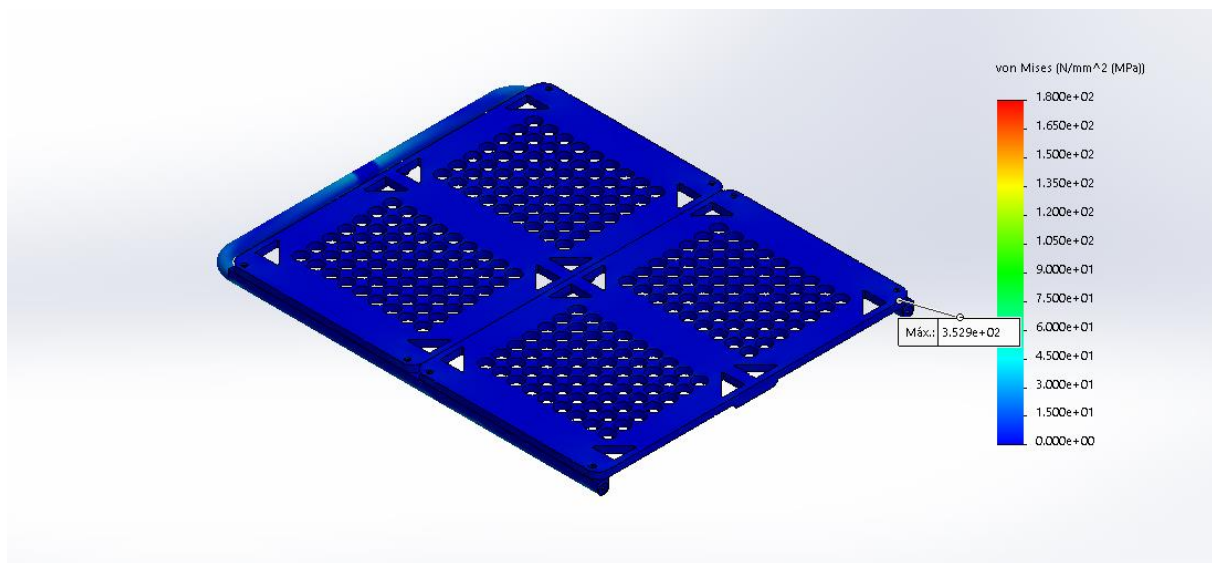


Figura 105: Estado tensional de la segunda versión [MPa] (196,06%)

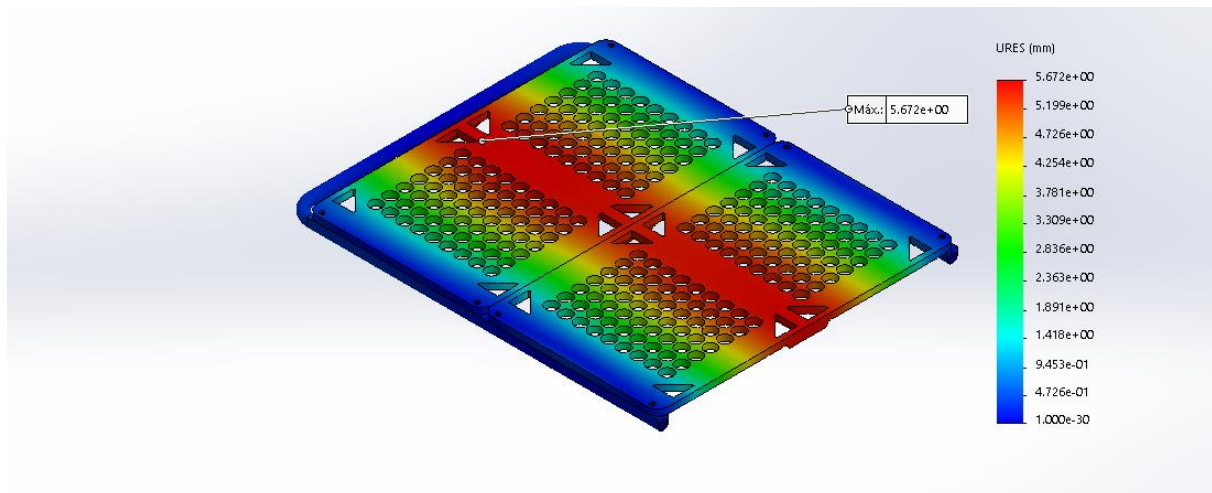


Figura 106: Estado de flexión de la versión 2 [mm] (62,60%)

A la vista de los resultados que arroja el análisis, se obtiene que la flecha máxima es de 5,67 mm (Figura 106), entrando dentro de los márgenes establecidos en el estudio. Si que se observa la existencia de un punto del conjunto que parece no cumplir con los criterios de tensión máxima (Figura 105), por lo que se aíslan los elementos para obtener una vista en detalle de las tensiones que aparecen en estos.

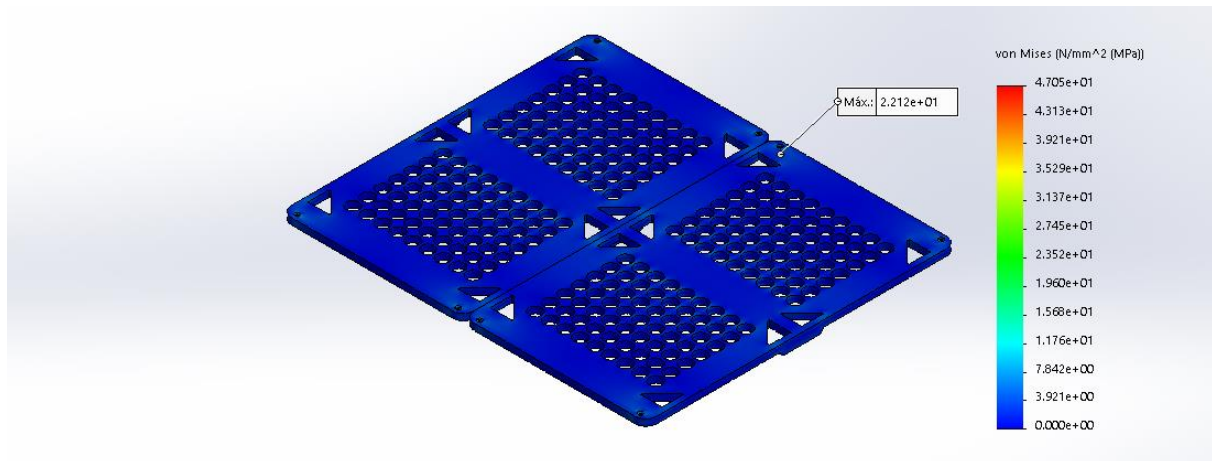


Figura 107: Estado tensional individual de la plataforma base [MPa] (47,01%)

En la plataforma base el punto de tensión máxima se acerca al 50% del límite elástico del material (Figura 107), entrando dentro de lo establecido, pero en la estructura aparecen zonas (las circundantes a los taladros para tornillería, Figura 108) donde el efecto “palanca” de estos lleva a que existan en dichas regiones picos de casi el 100% del límite elástico (352.9 MPa, Figura 109)

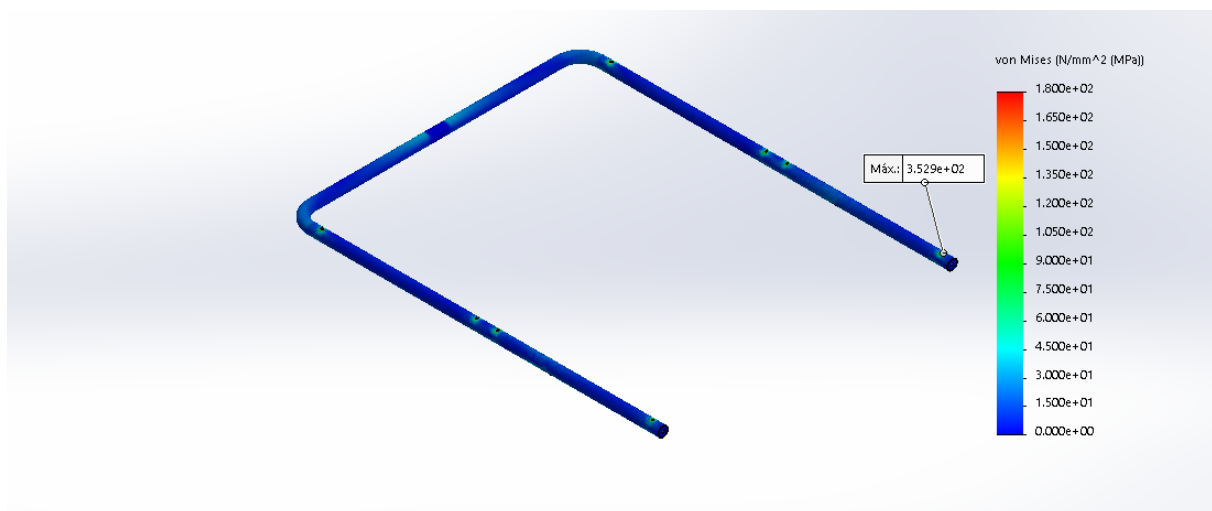


Figura 108: Estado tensional individual de la estructura de la plataforma [MPa] (196,06%)

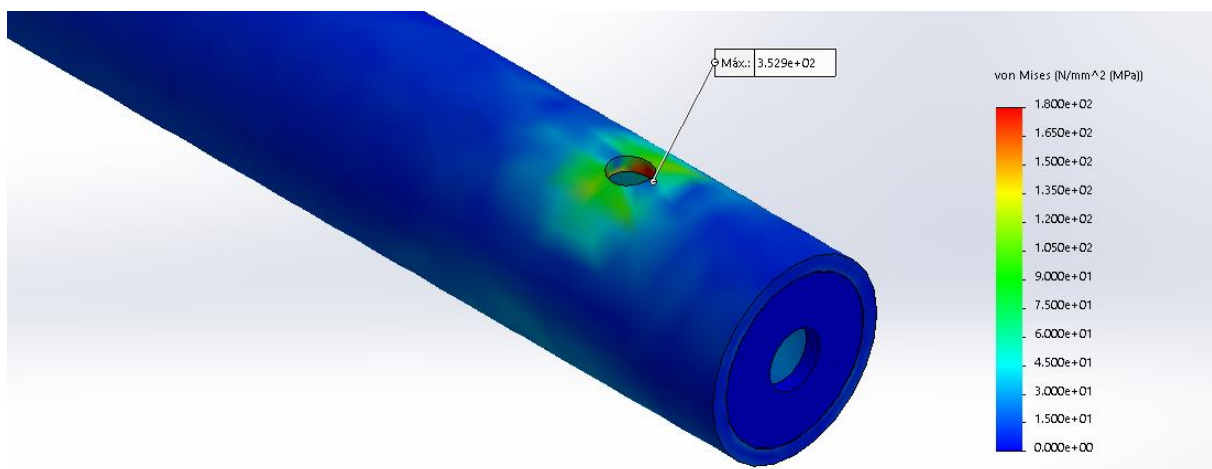


Figura 109: Zona de máxima tensión

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

En este punto se antoja necesario el modificar ligeramente la estructura de la plataforma para evitar que aparezcan en las zonas circundantes a los taladros dichos niveles de tensión; una solución propuesta es la de aumentar la sección resistente a esos esfuerzos de flexo-tracción mediante la colocación con puntos de soldadura de una serie de tuercas en la superficie de cada taladro. De este modo, el traspaso de esfuerzos no se hace completamente desde la plataforma base al perfil estructural, sino que este componente ayuda a rebajar la sollicitación sobre el mismo.

Al igual que en el caso de la tornillería, se colocan tuercas M5 DIN 931 - 8.8, del mismo material que esta. Se modela una soldadura por puntos que une en 4 posiciones (los vértices de dos de los lados enfrentados del hexágono que le da forma) la tuerca al perfil con un radio de 1 mm. Esta unión será sin penetración. El taladro de las juntas se modifica de M5 a M8 para dar cabida a las tuercas.

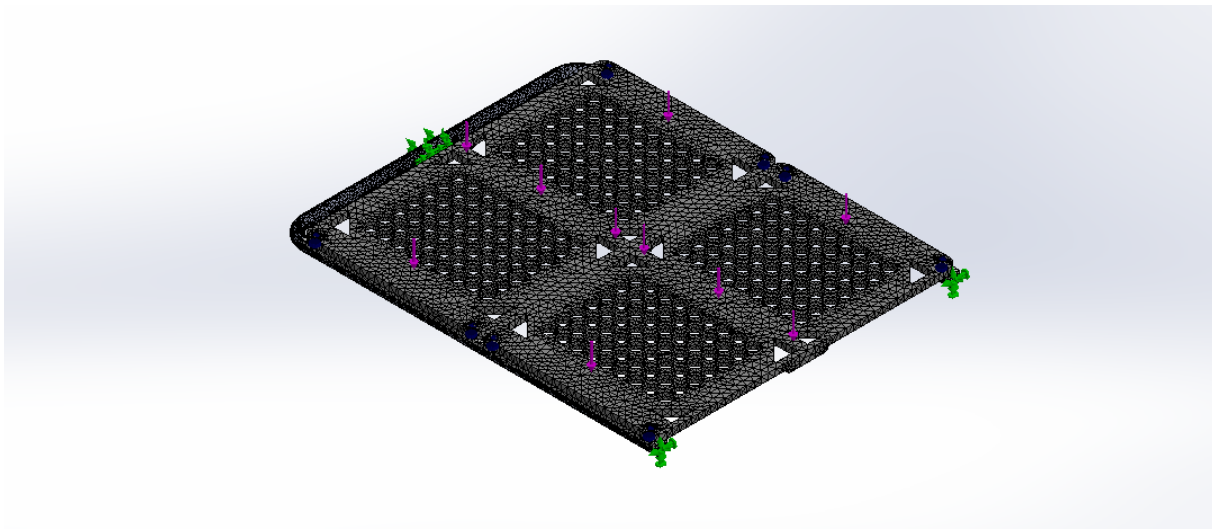


Figura 110: Modelado y cargas, revisión plataforma

Una vez realizadas y ensambladas las modificaciones, así como agregado las condiciones de contorno, se procede a ejecutar nuevamente el análisis (Figura 110). Se tiene que la tensión máxima que se presenta en el perfil que forma la estructura de la plataforma se ve reducida del 200% del límite elástico al 93% (167,5 MPa), un valor esta vez sí válido. La plataforma base incrementa su sollicitación a un 68,08% (32,03 MPa, Figura 111).

En este caso el pico de tensión se halla en las paredes internas de las tuercas (374,5 MPa), pero su límite elástico es muy superior, concretamente de 460 MPa, por lo que no presenta ningún inconveniente (Figura 112).

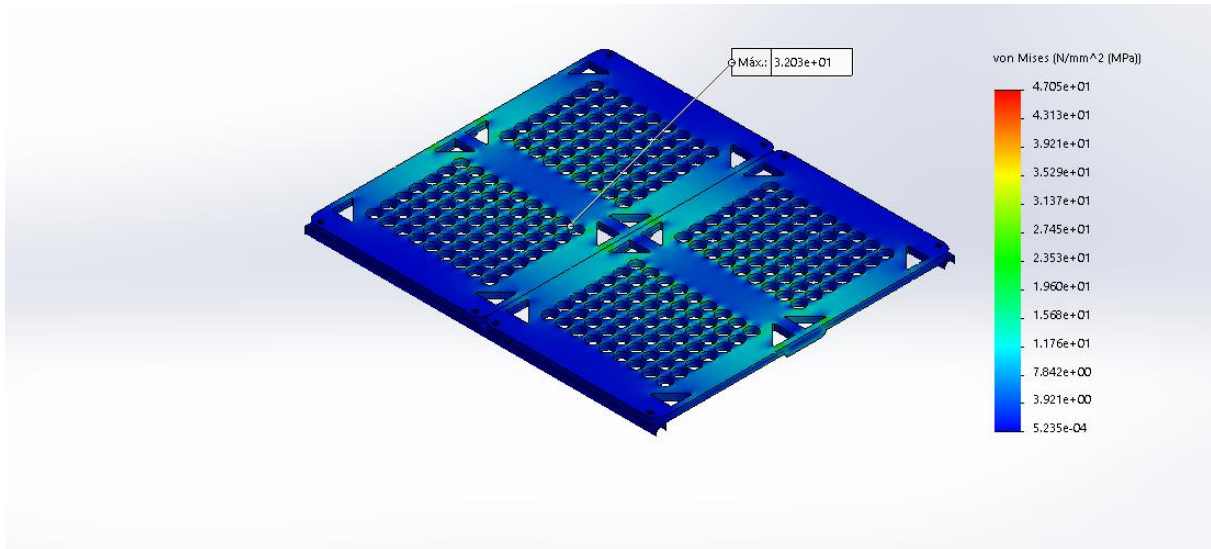


Figura 111: Estado tensional plataforma base [MPa] (68,08%)

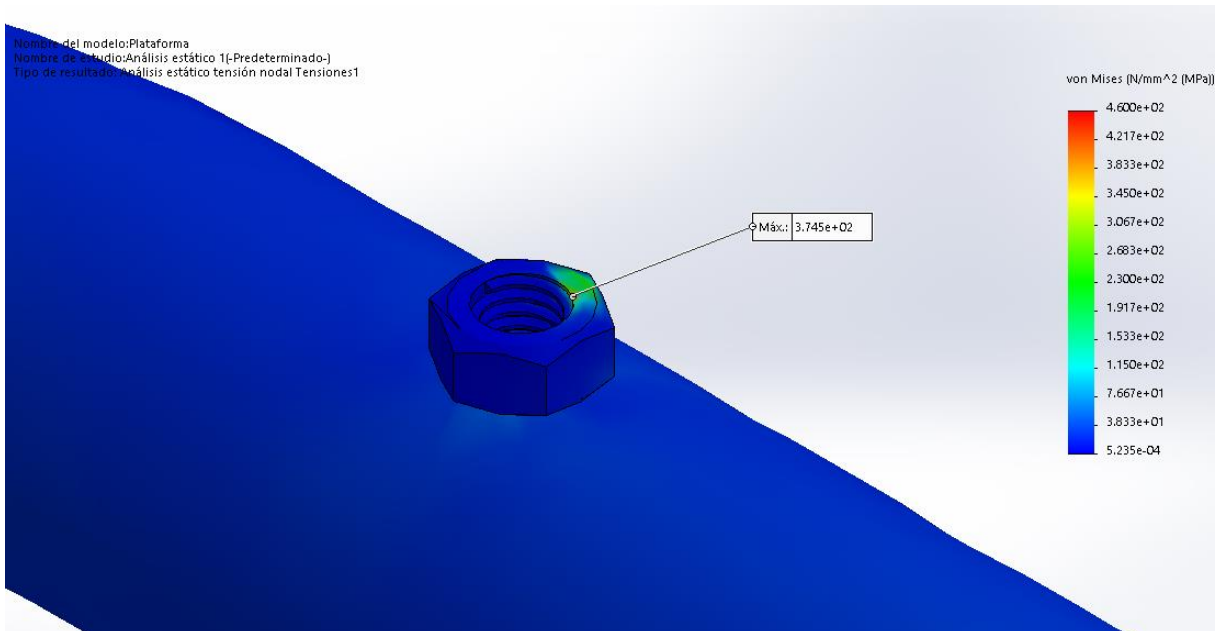


Figura 112: Detalle zona de máxima tensión [MPa] (81,41%)

Si bien a nivel de resistencia los materiales cumplen, aparece un problema recurrente durante el estudio: no es apto para las restricciones de flecha. El hecho de que se haya aumentado la restricción rotativa de las plataformas base hace que se deforme más la parte central. Al ser un problema que se viene presentando desde casi el inicio y afecta a nivel dimensional (refiriéndose con ello a tener que reforzar ciertas partes para su cumplimiento), se decide tomar como solución el colocar un perfil intermedio de refuerzo que absorba parte de esta deformación.

Este perfil tubular de refuerzo (Figura 113), fabricado en el mismo material que el resto de la estructura metálica (acero AISI 1010) irá unido a esta en dos partes con un cordón de soldadura de 2 mm: a la zona donde se colocará el anclaje del sistema de dirección por uno de sus extremos, y al eje central en el otro. Su longitud es de 925 mm por 300 mm de alto,

con un codo de 25 mm de radio y extremos con troquelado “boca de pez” para adaptar su forma a la tubular de los elementos donde será unido.

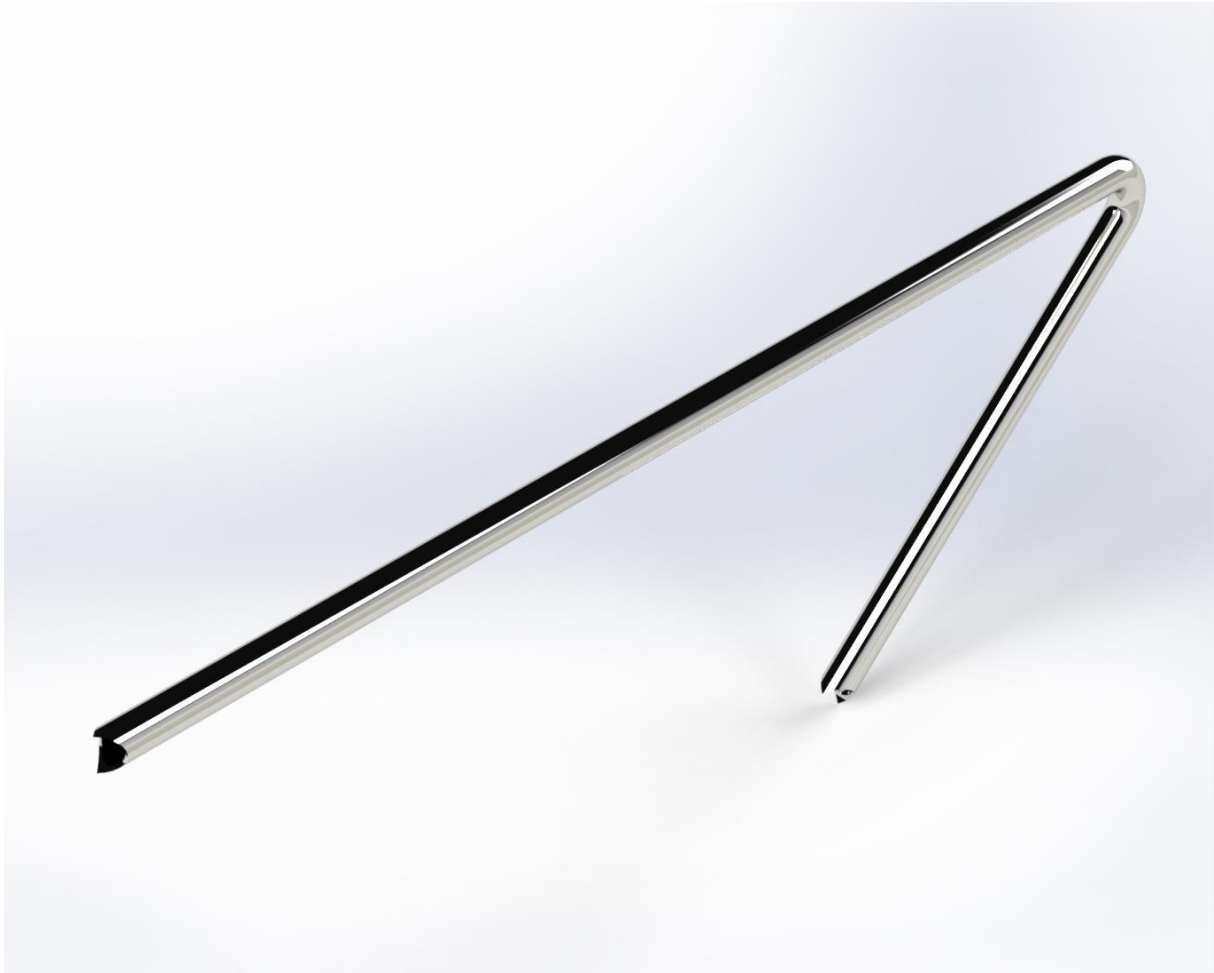


Figura 113: Renderizado del soporte central

Tras la adición de esta pieza, y con objeto de agilizar los cálculos de la simulación se decide modificar los parámetros de malla, debido a que analizar el ensamblaje completo de la plataforma con los usados en primera instancia tomó más de 12 horas. Para realizar pruebas más ágiles, se emplearon los detallados en la Figura 114.

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 75 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 15 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 8 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1.6 |

Figura 114: Parámetros de malla gruesa

Con estos nuevos parámetros se obtiene una malla más basta (Figura 115) y resultados de menor precisión, pero es una solución de compromiso ante el tiempo que toma la simulación con elementos de menor tamaño.

Tipo de malla: Malla sólida

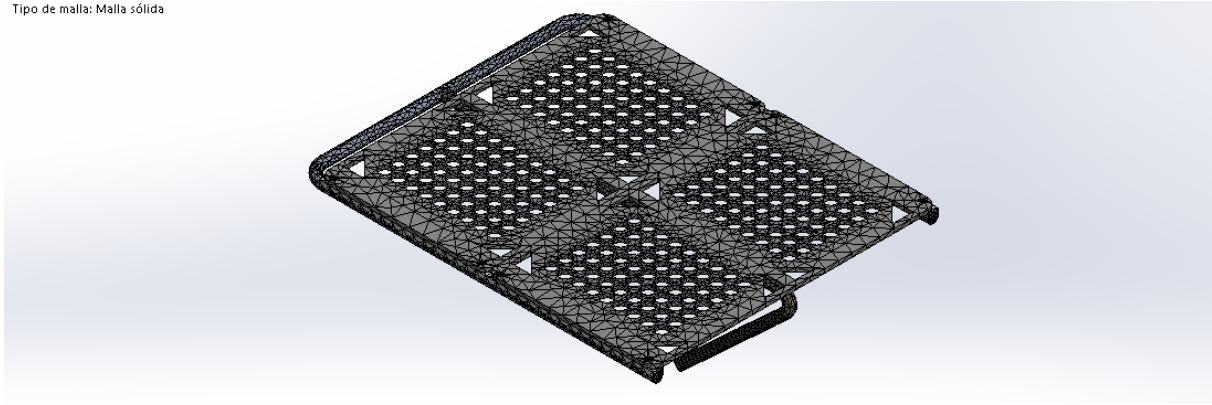


Figura 115: Modelado de la tercera versión de la plataforma

La simulación de este modelo con la adición de la barra de soporte arroja los siguientes resultados: a nivel de tensiones, las piezas plásticas que conforman la plataforma base (rebajadas de 15 a 10 mm de espesor por la menor sollicitación que presentan ahora) tienen un pico de 4.88 MPa (10,37%); las partes estructurales encuentran su mayor sollicitación en la barra central (Figura 116), donde se alcanzan los 61.87 MPa de tensión (34,37%), y con respecto a las tuercas de refuerzo, se hallan muy descargadas al eliminarse la fuerza de torsión gracias a la barra de refuerzo.

Nombre del modelo: Plataforma
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

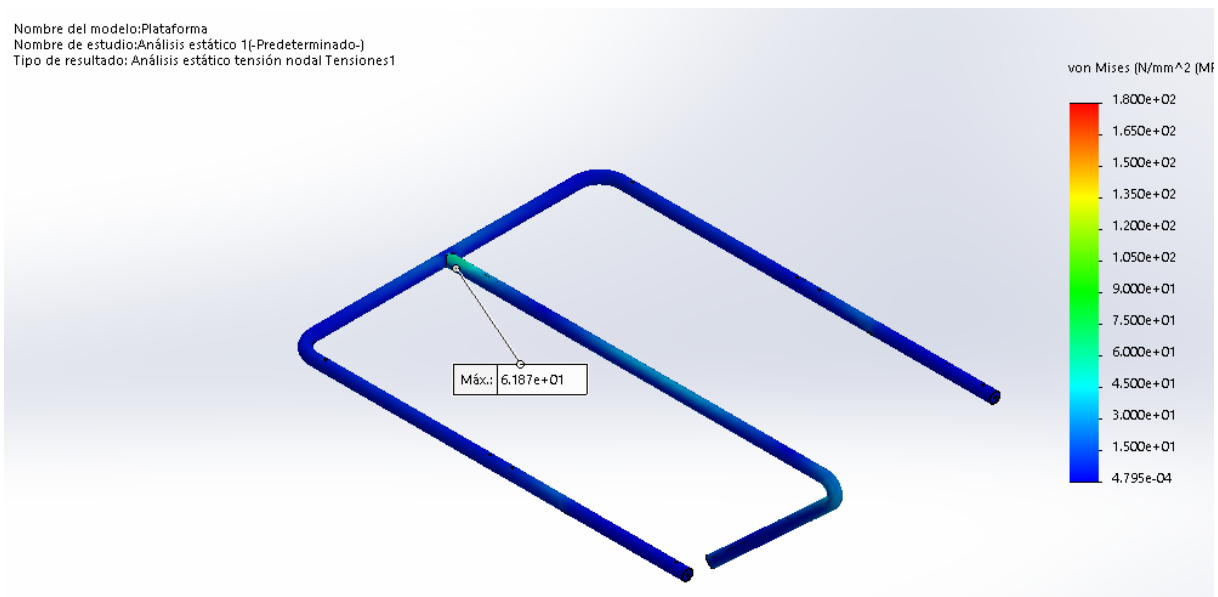


Figura 116: Estado tensional de la perfilaría metálica en la tercera versión de la plataforma [MPa] (34,37%)

El gran punto de interés buscado con esta variante simulada era minimizar los efectos de la flexión, que con la versión precedente alcanzaba un valor mayor a 40 mm (casi un 450% del valor estipulado como máximo admisible); para este modelo reforzado, el valor máximo de flecha que se encuentra es de 4,8 mm (52,98%), valor completamente admisible y que verifica por completo el análisis de este subensamblaje de la carretilla (Figura 117). La ejecución de un trazado de percepción (Figura 118) muestra donde se concentra la carga en el sistema; como se puede comprobar, el reparto es más eficiente en variantes anteriores.

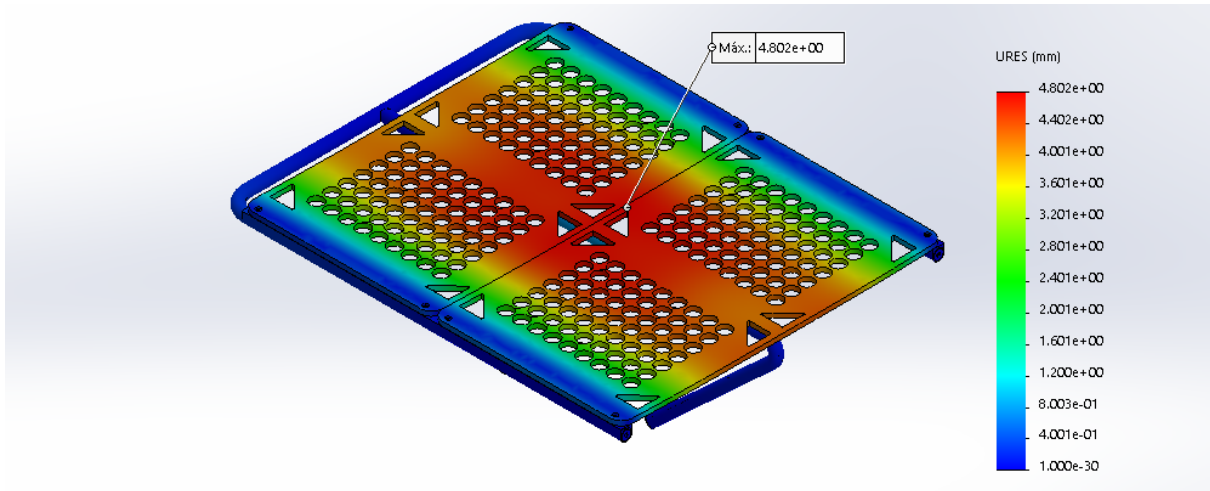


Figura 117: Flexión máxima experimentada en la tercera versión [mm] (52,98%)

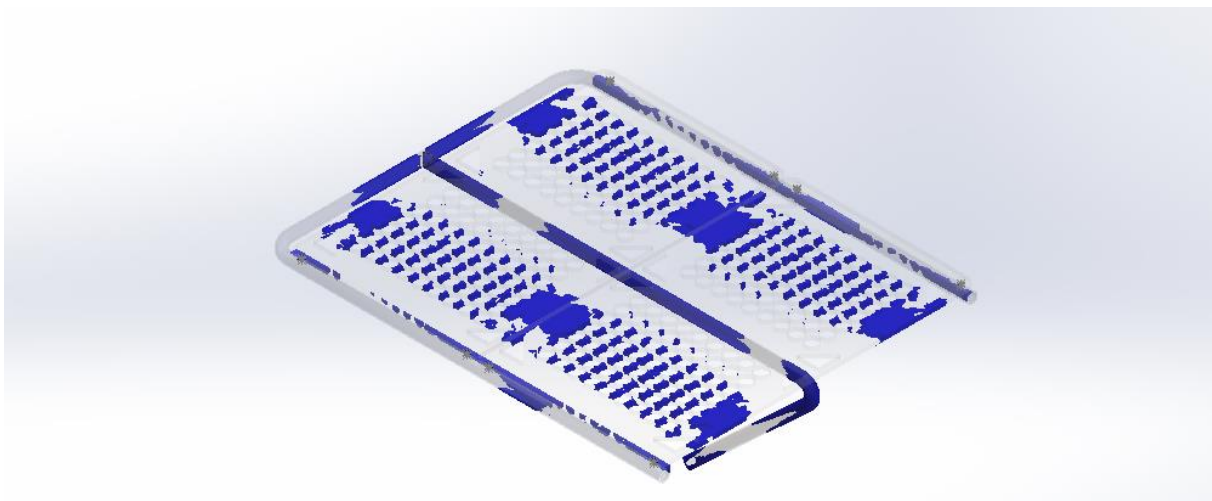


Figura 118: Trazado de cargas -percepción del diseño- para la tercera variante de la plataforma

6.5.4. Análisis singular cesto

- Consideraciones previas

Este componente auxiliar es ligero y fácilmente montable/desmontable; no ocupa demasiado espacio en la parte asidera, es ligero y tiene un volumen de carga de 7,5 litros. Está sujeto al conjunto mediante unos ganchos sin fijación que abrazan el perfil metálico y transmiten a este su carga. Por su condición de elemento de almacenamiento puntual y temporal, se estima una carga de uso de 10 kg, lo que a efectos de cálculo serían 100 N.

Si bien no está fijado al conjunto como tal, de cara a simular esta unión al asa se opta por emplear una geometría fija para su correcta resolución.

- Resultado de la simulación

La simulación realizada al cesto tal y como se diseñó inicialmente no es posible de realizar. Al ejecutar la resolución del estudio, SolidWorks avisa de grandes desplazamientos y el cálculo colapsa, lo cual es indicio claro de unas grandes carencias dimensionales en el diseño.

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

Se plantea un rediseño del cesto original donde el espesor pasa de 2 a 5 mm, así como la zona de enganche con el perfil, que pasa a ser una parte continua de 50 mm de largo y un espesor de 10 mm. Tras efectuar estos cambios, se procede a simular el cesto cargado.

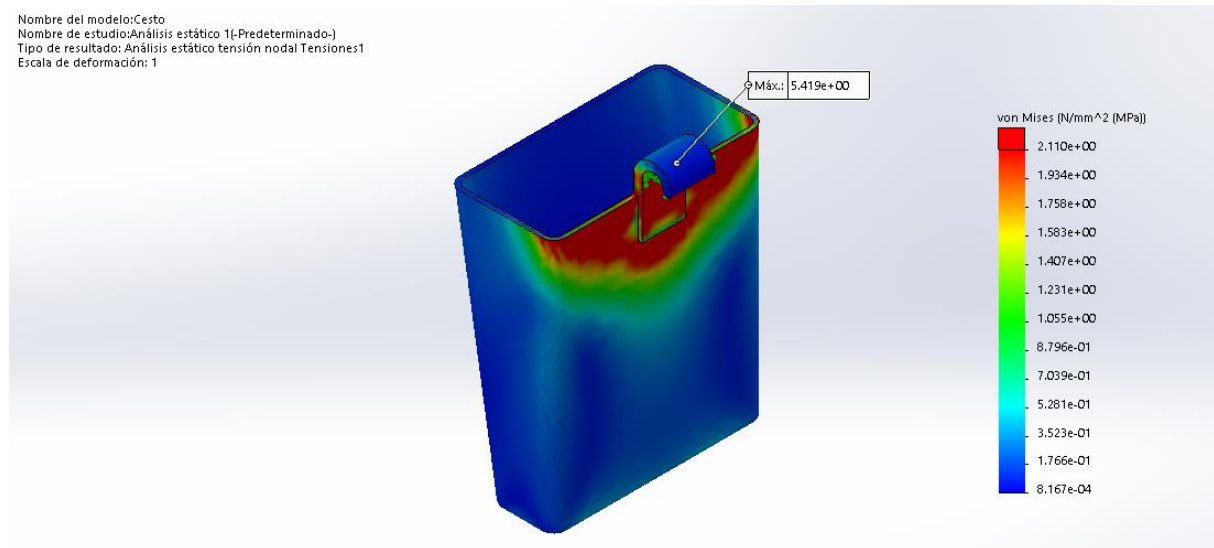


Figura 119: Distribución de tensiones en el modelo modificado de cesto [MPa] (256,82%)

Como se puede comprobar, esta disposición aún se encuentra como inaceptable (Figura 119), ya que el valor máximo de tensión experimentado por el cesto es más del doble del límite elástico del material que lo compone (5.42 MPa por los 2.3 MPa del material del cesto).

Por tanto, la siguiente prueba será volviendo a reforzar el espesor del cesto (que pasa de 5 a 7.5 mm en este caso) y la zona de sujeción (ahora esta es de 200 mm y 15 mm de espesor), que, además, en sus zonas de encuentro con el cesto poseerá un redondeo de radio 20 para evitar acumulación de tensiones.

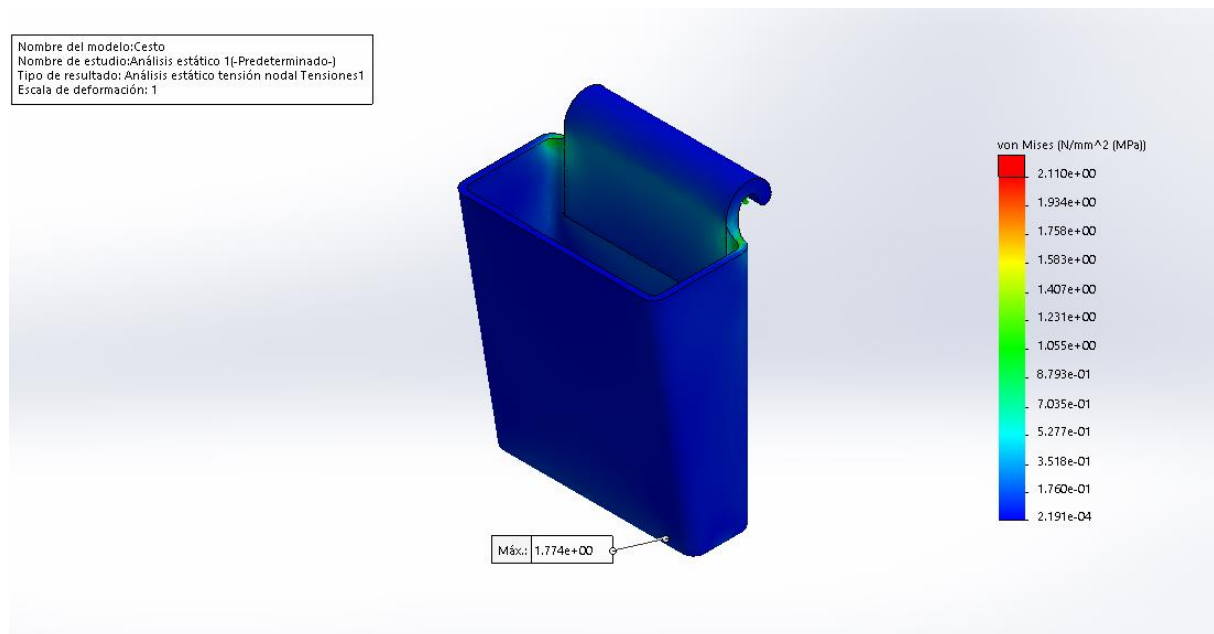


Figura 120: Análisis tensional segunda modificación del cesto [MPa] (84,08%)

Bajo esta disposición, el cesto experimenta una tensión máxima de 1,77 MPa, aproximadamente el 84% de su límite elástico (Figura 120).

6.5.5. Análisis singular asa fija

- Consideraciones previas

El asa fija es un componente estructural que participa fundamentalmente en dos funciones de vital importancia de la carretilla: hacer las veces de asidero y manejo de esta (aunque carece del elemento direccional del eje opuesto), así como transmitir parte de la carga depositada sobre la plataforma hacia las ruedas eje mediante. Igualmente cumple con otra función, la de dar soporte al cesto proyectado para la carretilla. Se une a la plataforma de carga mediante tornillería, en los dos extremos de la parte estructural de la misma, que es donde presentan un perfil metálico roscado por donde se unen y transmiten parte de la carga depositada sobre esta; el cesto se apoya simplemente en la parte más elevada, y la unión con el eje se realiza igualmente mediante tornillería a este perfil.

La carga que ha de soportar este componente proviene del peso aportado por el cesto, de la conexión con la plataforma y de la fuerza de empuje para comenzar a mover la carretilla; en el primer caso se coloca una fuerza perpendicular a la superficie horizontal del asa correspondiente a la zona que ocupan el gancho-abrazadera que sostiene a este componente, como simulación de la fuerza de empuje, se acude a un cálculo físico sencillo como es la fuerza resultante para vencer la fuerza de rozamiento (asumiendo que el peso total del conjunto a máxima carga es de 150 kilogramos, la fuerza resultante de empuje es de $F = 1200 \text{ N}$).

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0; \sum F_y = 0 \\ \sum F_y &= 0; F_N - P = 0; F_N = 150 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1471,5 \text{ N} \sim 1500 \text{ N} \\ F - F_R &= 0; F = F_N \cdot \mu = 1500 \text{ N} \cdot 0,80 = 1200 \text{ N} \end{aligned}$$

Por parte de la plataforma, se obtienen las reacciones equivalentes del análisis de dicho subensamblaje al completo (Figura 121). Por tanto, se cargará el modelo de asa fija con la resultante descompuesta que le transmite la plataforma (64,2 N/67,3 N), con una carga de 100 N sobre la superficie horizontal y perpendicular al plano de planta debidos al cesto, y 1200 N paralelos a este plano sobre la misma superficie.

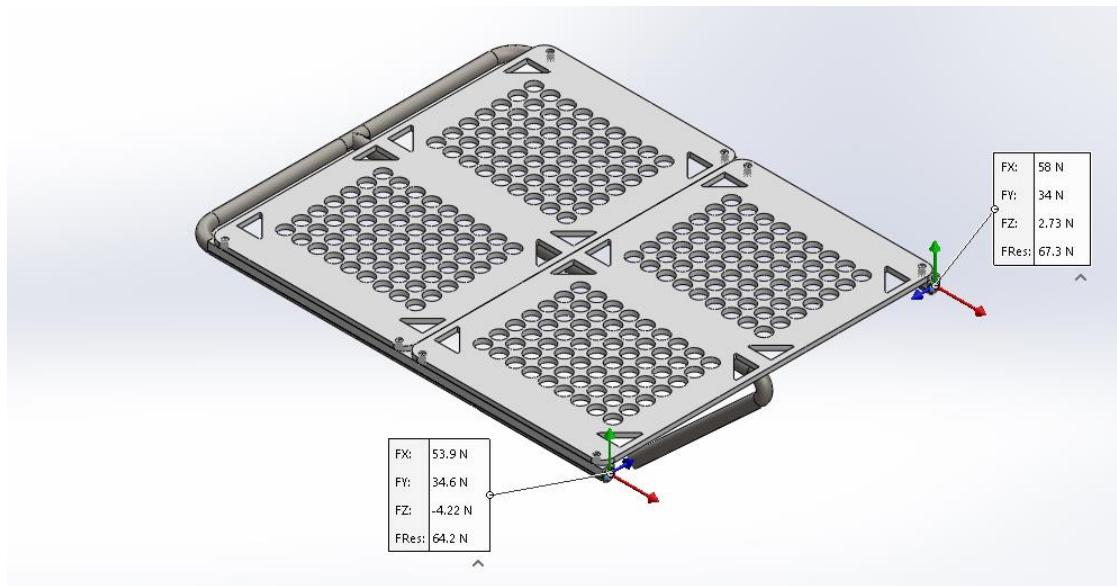


Figura 121: Reacciones de la plataforma en la zona de la unión atornillada con el asa fija [N]

A efectos de simular las uniones atornilladas para esta simulación, se acude a la geometría fija para su unión con el eje, y la restricción de movimiento en los tres planos como unión atornillada con esta (que además es zona de transmisión de carga).

Se proyecta una malla basada en curvatura con los parámetros siguientes (Figura 122):

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 15 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 5 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 10 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1.5 |

Figura 122: Parámetros de mallado fino

- Resultado de la simulación

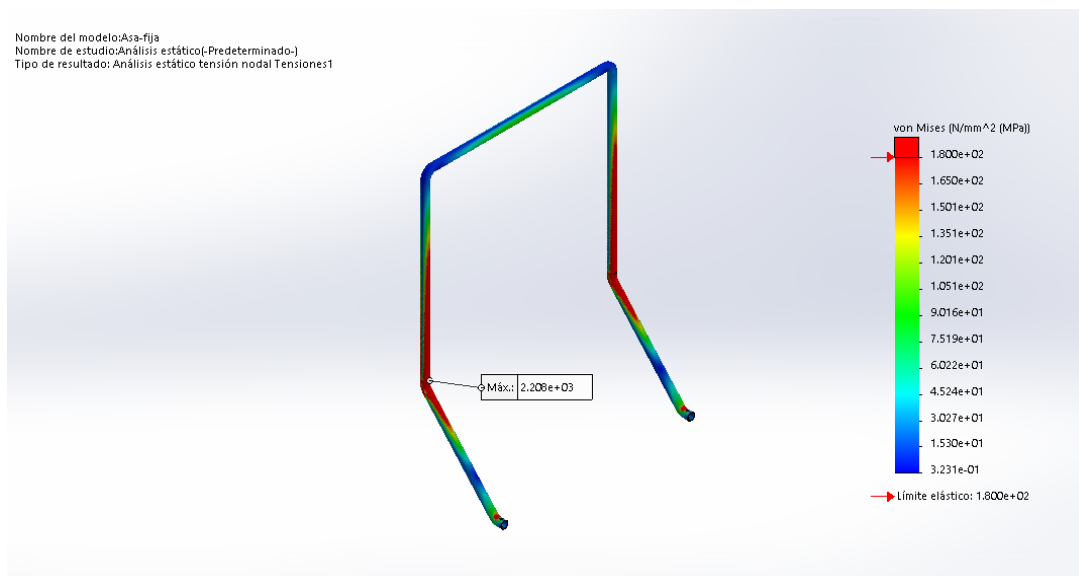


Figura 123: Análisis estático de tensiones del modelo original de asa fija [MPa] (1226,67%)

La simulación arroja un resultado de tensiones muy superior al límite elástico del material empleado (2208 MPa por los 180 MPa del límite elástico del acero AISI 1010, Figura 123).

Esta tensión se localiza principalmente en el punto de unión con la plataforma, que además es el primer tramo doblado y que acumula los momentos derivados de la aplicación de fuerza por parte del operario, así como de la fuerza ejercida por el cesto.

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

El hecho de que la parte más alta del asa se encuentre a 1105 mm de altura induce un momento resultante en esta zona de concentración de tensiones que, salvo uso de perfiles de un tamaño bastante superior, es difícil de corregir con refuerzos puntuales. Es por ello, dado que por normativa no es estrictamente imprescindible (pues este asa fija se puede no considerar como elemento de manejo), se decide rebajar la altura de este elemento de los 650 mm de su parte vertical hasta 345 mm, quedando a una altura total de 800 mm desde el suelo, una posición que no se supone incómoda para el operario.

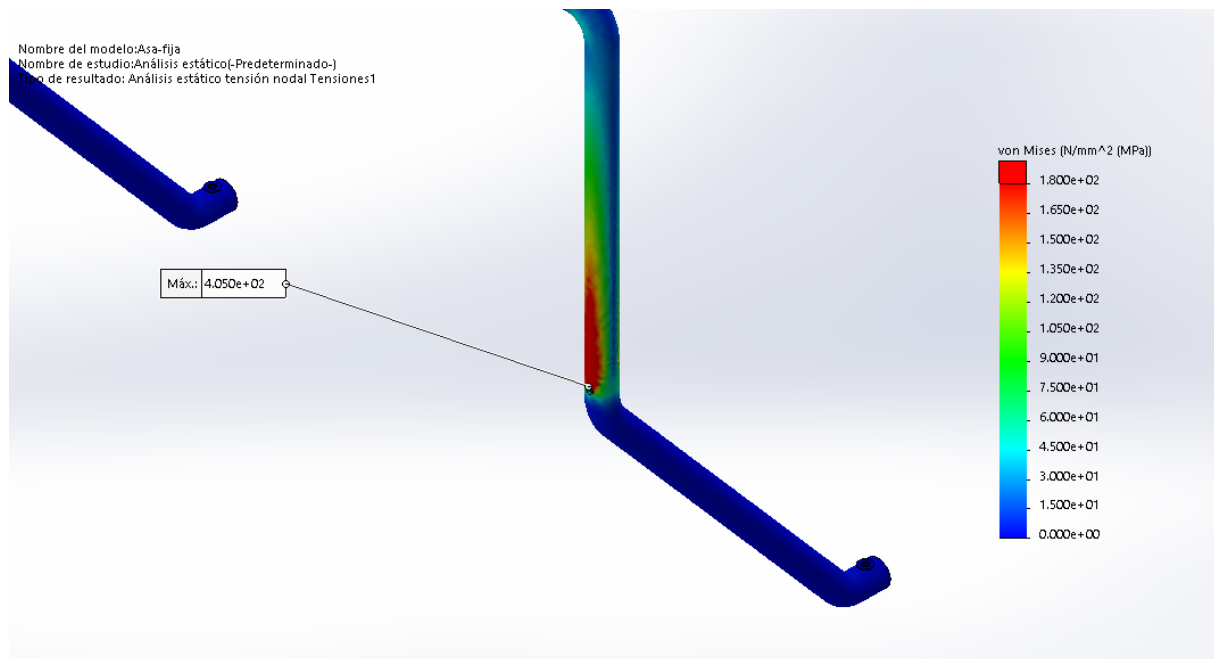


Figura 124: Estado tensional de la segunda versión del asa fija [MPa] (225%)

La ejecución del análisis con los mencionados cambios surte bastante efecto, aunque aún se supera el límite elástico del material (405 MPa -225%-), se rebaja lo suficiente la tensión como para determinar que esta modificación encamina el rediseño a un buen lugar (Figura 124).

Llegados a este punto, cabe la posibilidad de emplear un material cuyo límite elástico sea superior a ese valor de 405 MPa, teniendo en cuenta que el precio se debe mantener en los límites del precio del acero AISI 1010 (aprox. 0,65 €/kg). Una breve búsqueda en estos términos sugiere el uso de acero AISI 1045, cuyo límite elástico es de 530 MPa. Empleados en el mismo perfil, resultaría la siguiente simulación:

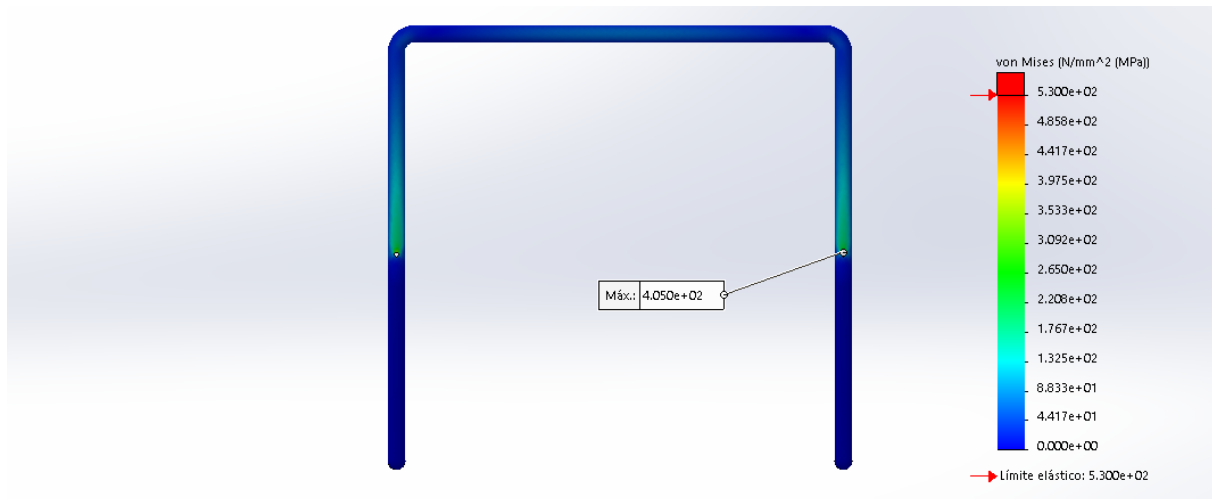


Figura 125: Distribución de tensiones tras el cambio de material [MPa] (76,42%)

En este caso sí que se puede validar, con una utilización del 76,4% (Figura 125).

6.5.6. Análisis singular eje

- Consideraciones previas

El eje es una pieza de perfilaría metálica completamente recta, en cuyos extremos se hallan insertas las ruedas (fijadas con anillos de retención para evitar su desplazamiento axial) y que recibe la carga que transmiten los perfiles de conexión con la plataforma para, a su vez, repartirla en ambas ruedas. También hace las veces (como su propio nombre indica) de eje de rotación para las ruedas.

Tras la modificación de la estructura de la plataforma que conllevó la inclusión de refuerzos laterales, es necesario incrementar el largo de la pieza original de 900 a 920 mm, de modo que estos refuerzos descansen a 350 mm del centro del eje, donde se encontrará el extremo del refuerzo central.

Esta pieza se encuentra fija en los extremos, donde se hallan las ruedas ensambladas. En cuanto a las cargas, se obtendrán a partir de los esfuerzos calculados en simulaciones precedentes (Figuras 126 y 127); al no haber incluido los refuerzos laterales en la simulación de la plataforma, ahora será necesario plantearlos: dos perfiles simétricos de 275 mm y troquelado “boca de pez”, del mismo material empleado en la estructura.

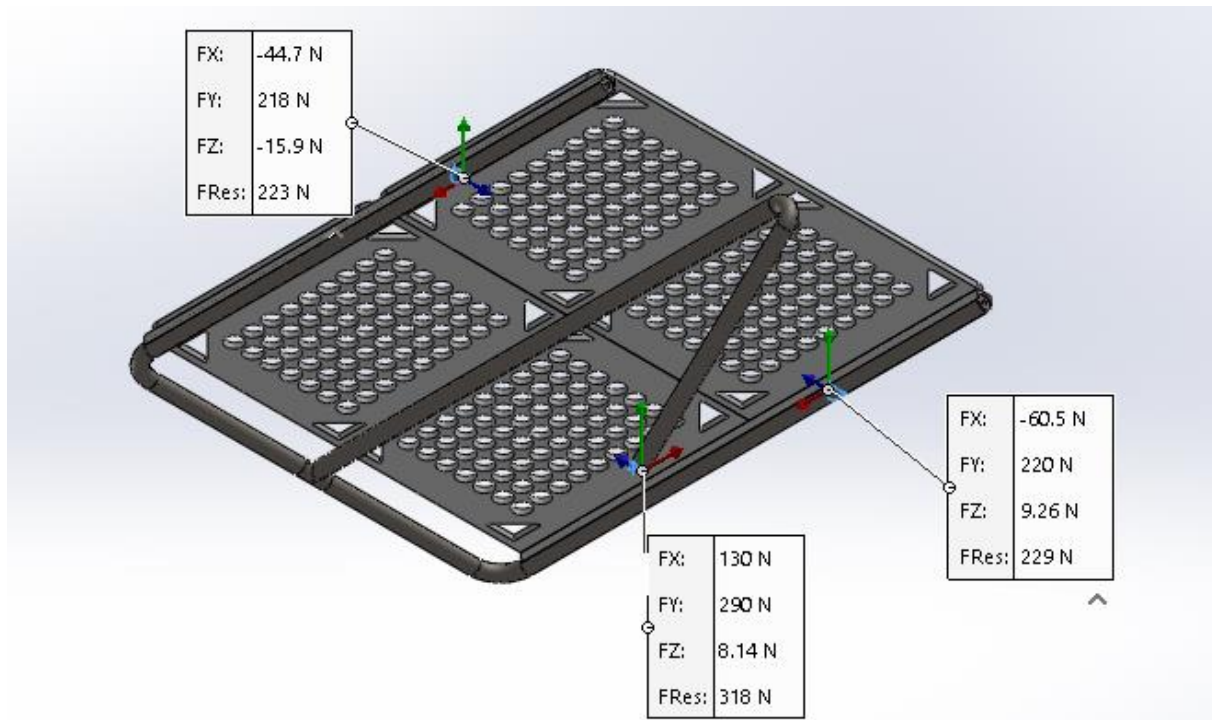


Figura 126: Reacciones sobre los puntos de unión de la plataforma con el eje [N]

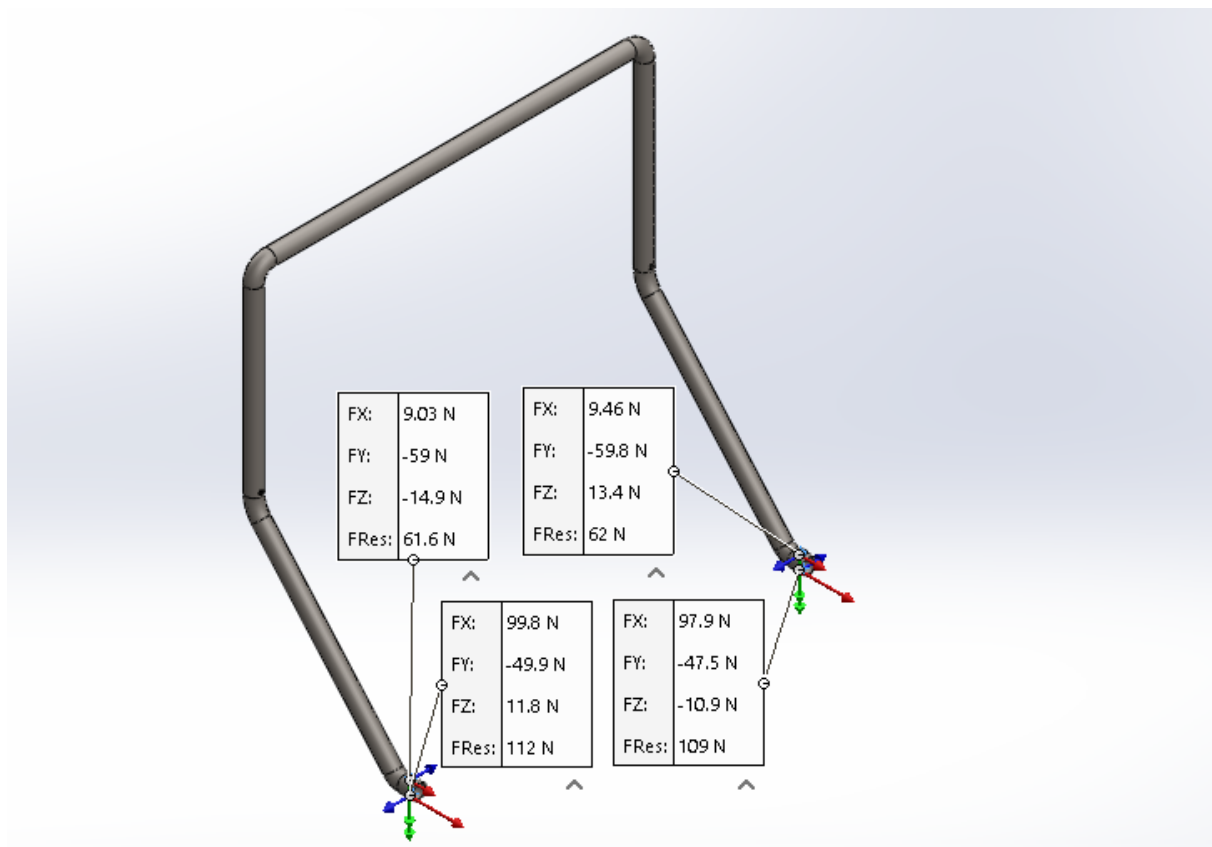


Figura 127: Reacciones en el componente asa fija [N]

Se proyecta una malla basada en curvatura con los parámetros siguientes para el perfil 25,0x2,0 de acero AISI 1045 (Figura 128):

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 15 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 5 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 10 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1.5 |

Figura 128: Parámetros de malla fina

- Resultado de la simulación

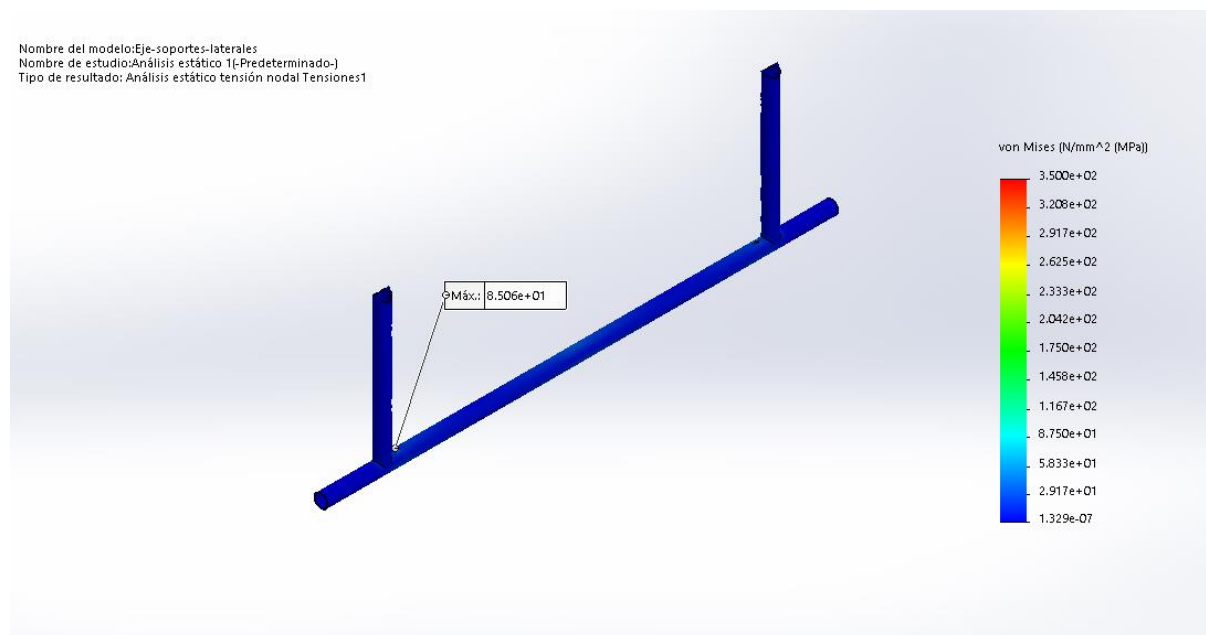


Figura 129: Estado tensional eje [MPa] (16,05%)

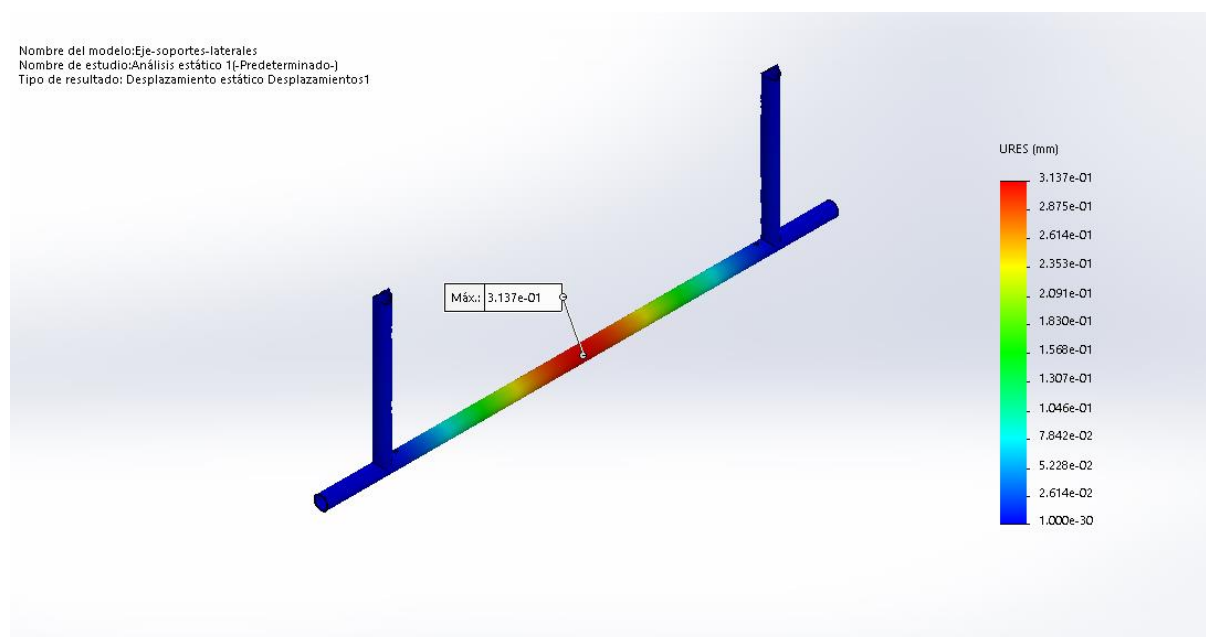


Figura 130: Deformación en el modelo original de eje [mm]

La simulación realizada es satisfactoria para con el diseño planteado; se alcanza un pico de tensión en la región entre el fin de la zona cubierta por la llanta y la soldadura donde se unen los apoyos laterales (Figura 129), pero este es de 85,1 MPa (16,0%). La flecha máxima que se observa es de 0,32 mm (Figura 130), más que aceptable a tenor de las cargas soportadas.

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

En este caso, al ser satisfactorio el ensayo realizado sobre la pieza planteada inicialmente, no se precisa elaborar modificaciones y/o rediseños de esta.

6.5.7. Análisis parte fija

- Consideraciones previas

Se conoce como parte fija al ensamblaje de los elementos de soporte y dirección cuyo movimiento permitido es puramente rectilíneo, esto es, no tiene el elemento direccional que sí tiene el eje opuesto. Se compone de un eje que conecta con las ruedas y recibe las cargas desde el asa fija (atornillada), los soportes laterales y el soporte central; este asa fija va atornillada en sus extremos al eje, mientras que las otras piezas se encuentran soldadas con 1 mm de cordón. Este asa fija se conecta con la estructura de la plataforma mediante tornillería, y en su parte horizontal y más alta aloja un cesto auxiliar para guardar elementos.

Las cargas vienen definidas por los análisis singulares de cada uno de los componentes; las uniones entre elementos serán unión fija para el cesto en el asa, restricción del movimiento en las tres direcciones para simular la conexión entre asa y plataforma, otra vez geometría fija para definir la zona del eje empotrada en la llanta y los extremos de ambos soportes centrales, y unión atornillada (con ayuda de unas arandelas de 2 mm) entre eje y asa fija.

La tornillería que unirá el asa fija al eje será hexagonal de rosca métrica de acuerdo a la norma DIN 931 (Figura 131); para el caso que ocupa este análisis, la elegida es de métrica 6 y paso 0.8, debiendo tener una longitud mínima de 52 mm (25 mm del asa fija, 25 mm del eje y 2 mm de la arandela), por lo que la longitud estándar elegida es 55 mm. Será de calidad 8.8, esto es: con resistencia 800 N/mm² y límite de rotura por tracción del 80% de este valor, es decir, 640 N/mm².

| | |
|---|-------------------|
| Tornillería plataforma | M5x55 DIN 931 8.8 |
| Según norma | DIN 931 |
| Tipo | M (ordinario) |
| Resistencia tornillo (clase calidad) | 8.8 |
| Paso | 0.8 |

Figura 131: Tornillería elegida para las uniones entre componentes estructurales

Se requiere para el contacto mediante este tornillo estándar o refrentado un par de apriete de 4,73 N·m, existiendo un factor de fricción $K = 0,20$. El material seleccionado para los tornillos es el acero 1.7033 (34Cr4), que tiene una masa de 8,21 kg por cada 1000 unidades (UNE Normalización Española, 1981).

Para reducir el tiempo de simulación, se aplica un control de mallado a las piezas del eje con las características de malla fina anteriormente descritas, mientras que el resto tendrán las características de malla más gruesas (Figura 132).

- Resultado de la simulación

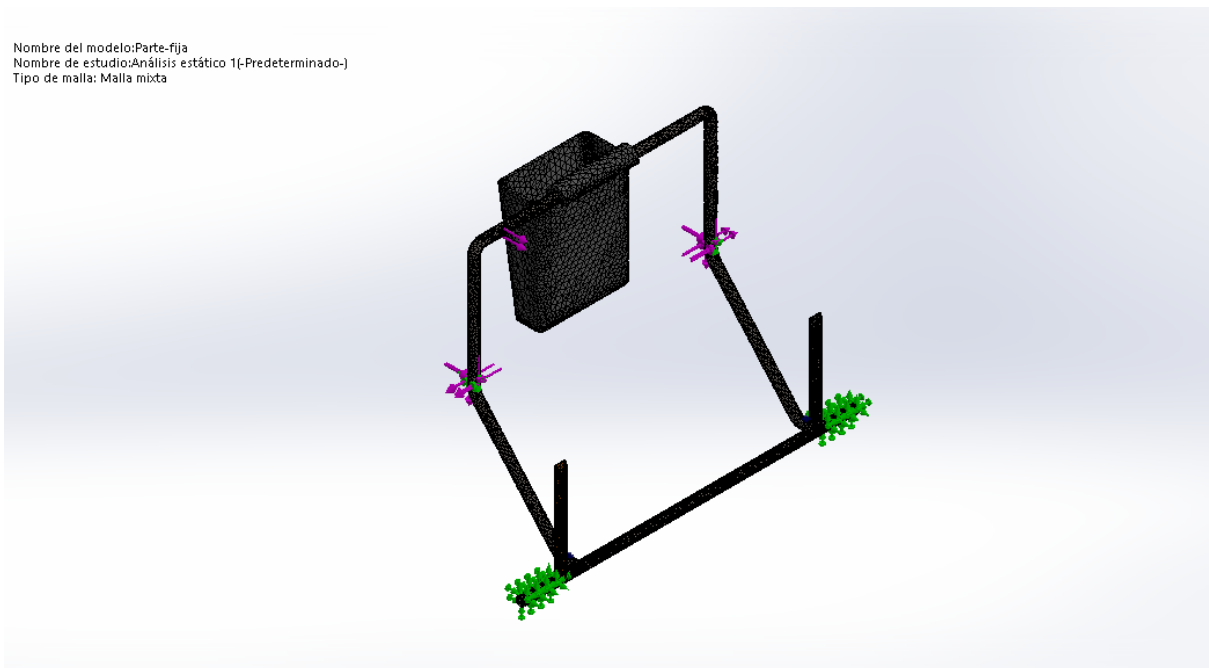


Figura 132: Modelado de la parte fija con las cargas y sujeciones pertinentes aplicadas

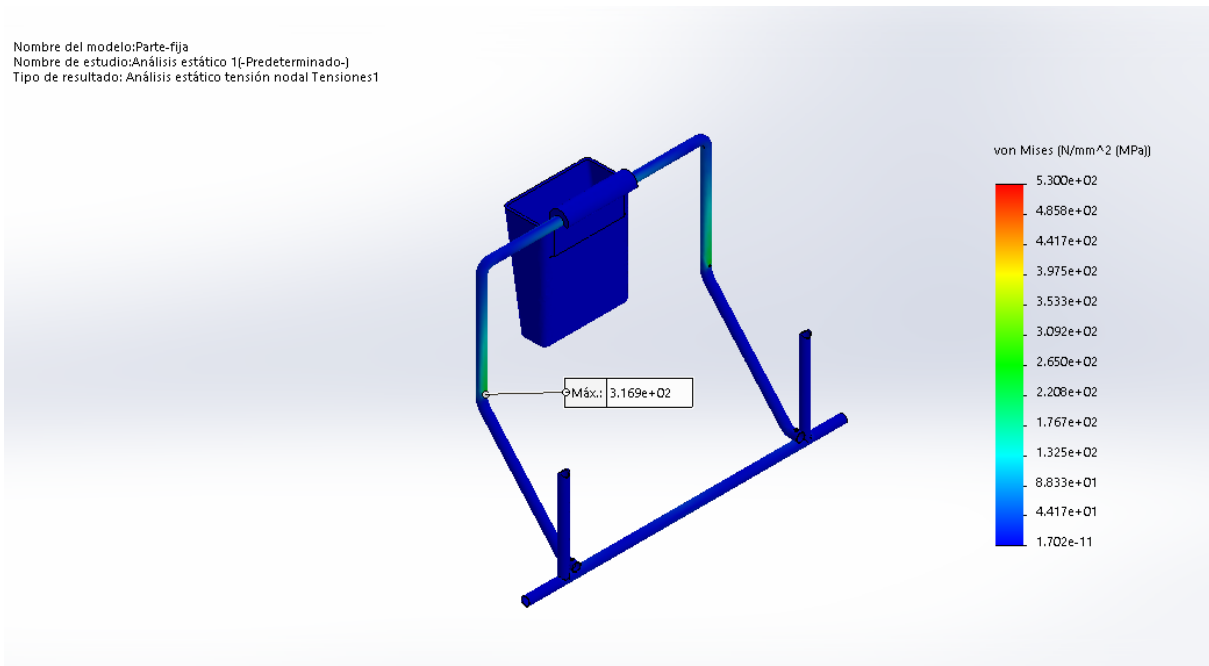


Figura 133: Estado tensional de la parte fija [MPa] (59,79%)

El estudio realizado (Figura 133) resulta acorde a lo planteado, con una tensión máxima de 316,9 MPa (59,8%) que hace validar el diseño de este subensamblaje.

Los mayores desplazamientos estructurales (Figura 134) se producen en la parte más alta del asa fija, y su valor de en torno a 5 mm no es preocupante de cara a su aptitud de servicio.

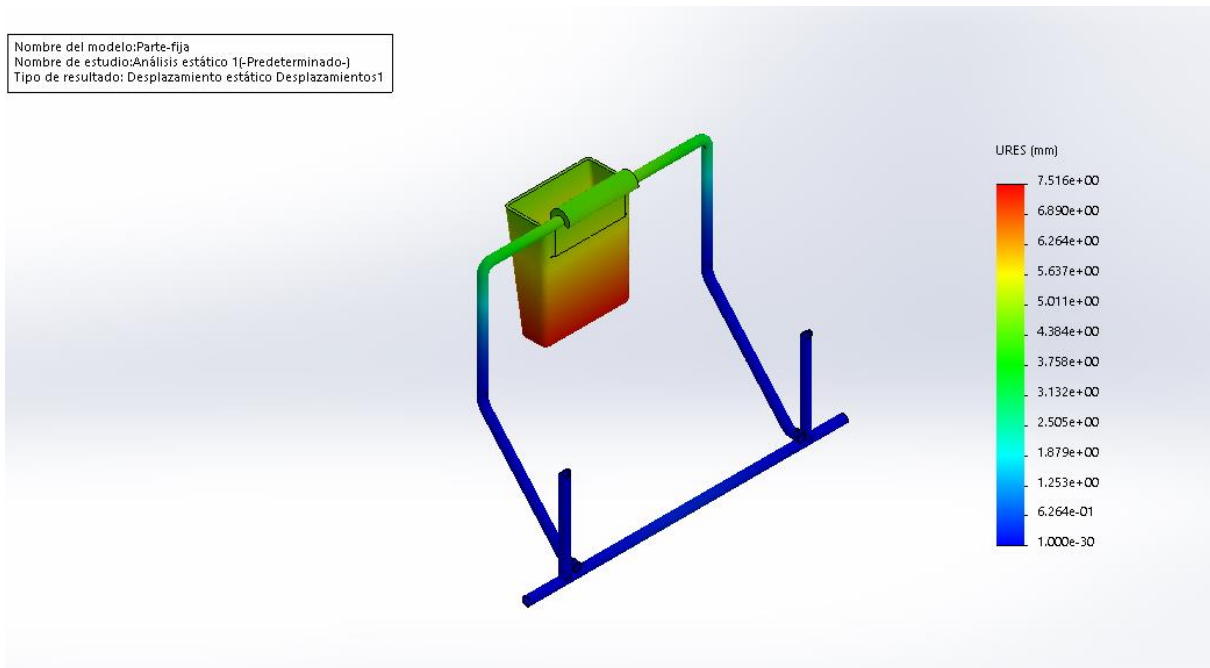


Figura 134: Desplazamientos en el modelo de la parte fija [mm]

6.5.8. Análisis singular timón

- Consideraciones previas

El timón es una pieza plástica cuya función es la de permitir al operario conducir y dirigir la carretilla con comodidad y facilidad. Se encuentra conectada a una varilla metálica mediante tornillería, siendo a través de esta como transmite la fuerza y los movimientos que el operador ejecuta para el desplazamiento del conjunto.

Se trata de un perfil tubular plástico de 25x5 mm, 300 mm de ancho por 200 mm de altura, con un apéndice en su centro de 45 mm donde se halla la unión atornillada. Los radios de encuentro entre zona vertical y horizontal son de 50 mm.

La carga aplicada se reparte uniformemente en la zona asidera, y al igual que en el caso del asa fija será de 1200 N; se encontrará restringido su movimiento en las 3 direcciones para simular la unión atornillada. Las características de malla se muestran a continuación (Figura 135):

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 15 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 5 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 10 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1.5 |

Figura 135: Parámetros de mallado fino

- Resultados de la simulación

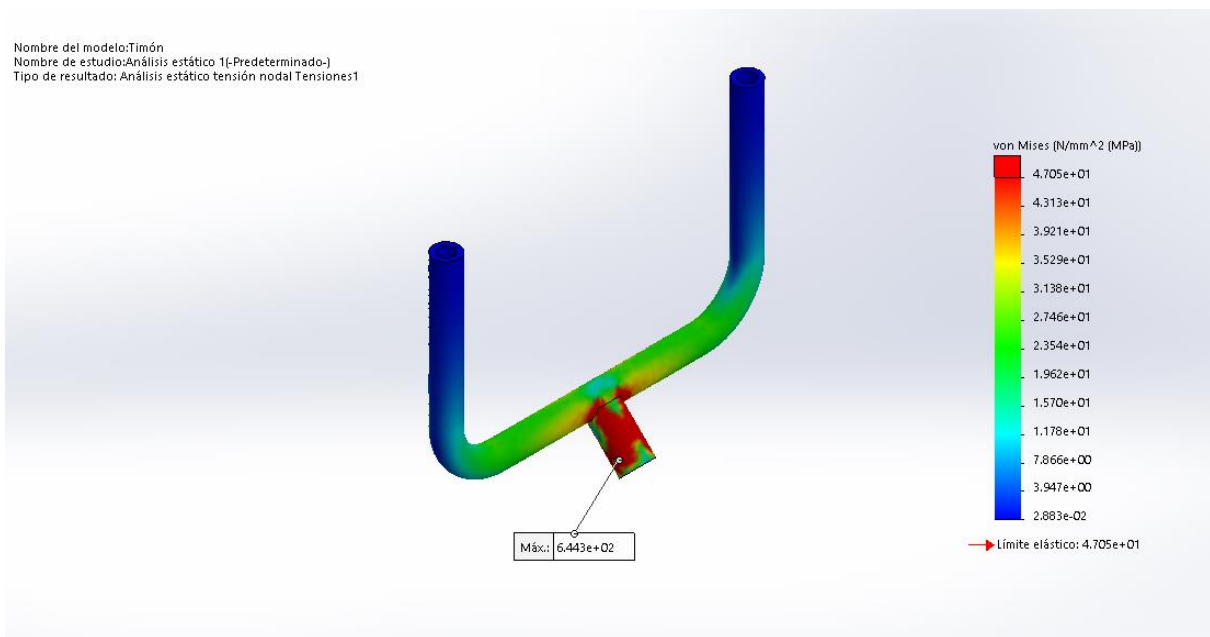


Figura 136: Estado tensional del diseño original del timón [MPa] (1369,39%)

La simulación arroja un resultado muy alejado de lo deseable (Figura 136), con una tensión máxima de 644,3 MPa (1370% del límite elástico del material).

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

Vista la zona donde se produce esta concentración de tensiones, conviene reforzarla de cara a rebajar dicho valor, ya que es una zona pequeña donde se concentra toda la tensión procedente de la fuerza de empuje aplicada.

Se propone aumentar la sección resistente de transmisión de la fuerza, planteando un prisma de 40 mm en el que irá inserta la varilla, con redondeos de 25 mm para unirla a la zona de manejo.

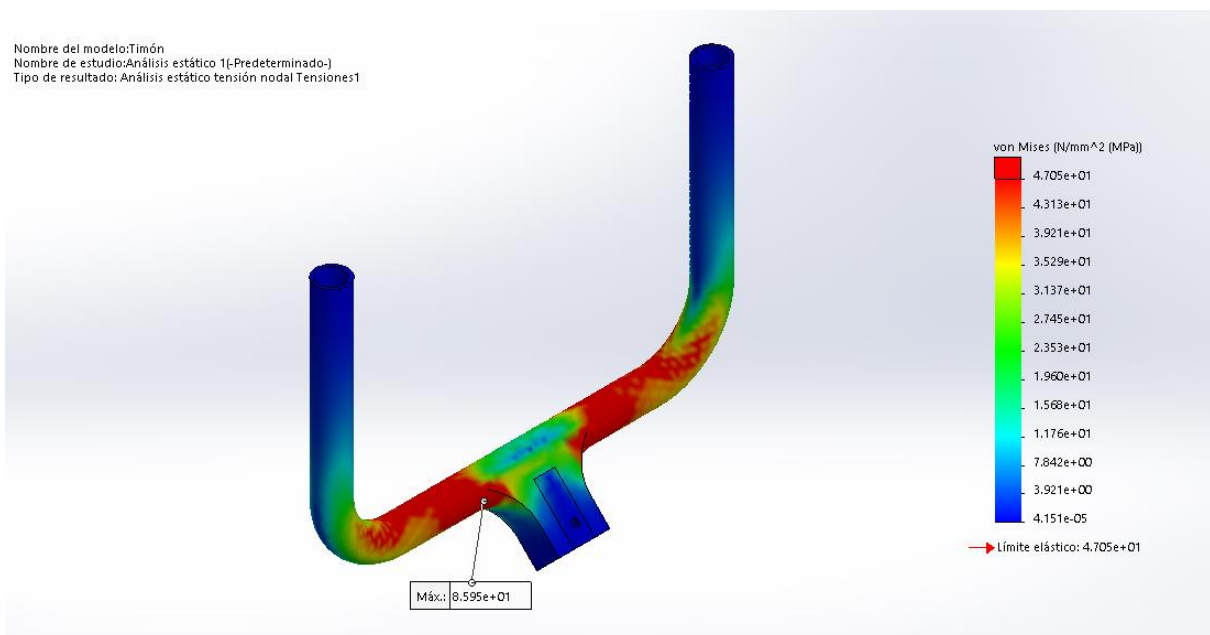


Figura 137: Estado tensional de la segunda modificación del timón [MPa] (182,67%)

Una simulación con esta nueva propuesta de diseño aún no cumple (Figura 137), pues existe una amplia región de tensiones que superan el límite elástico del material (85,6 MPa, 182%); además, si bien las deformaciones en este elemento tienen una tolerancia amplia (en torno a los 50 mm son aceptables), en este caso presenta un valor máximo de 65 mm (Figura 138).

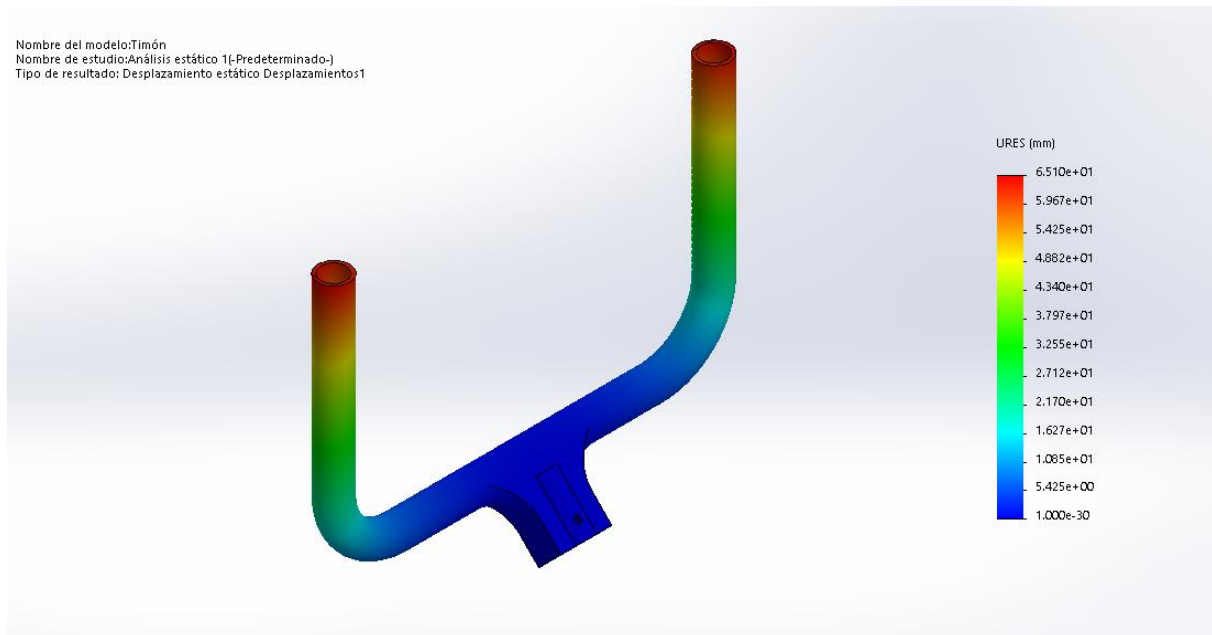


Figura 138: Desplazamientos en el segundo modelo de timón [mm]

La siguiente iteración que simular es emplear un perfil macizo en lugar del actual (25x5 mm). La simulación arroja los siguientes resultados:

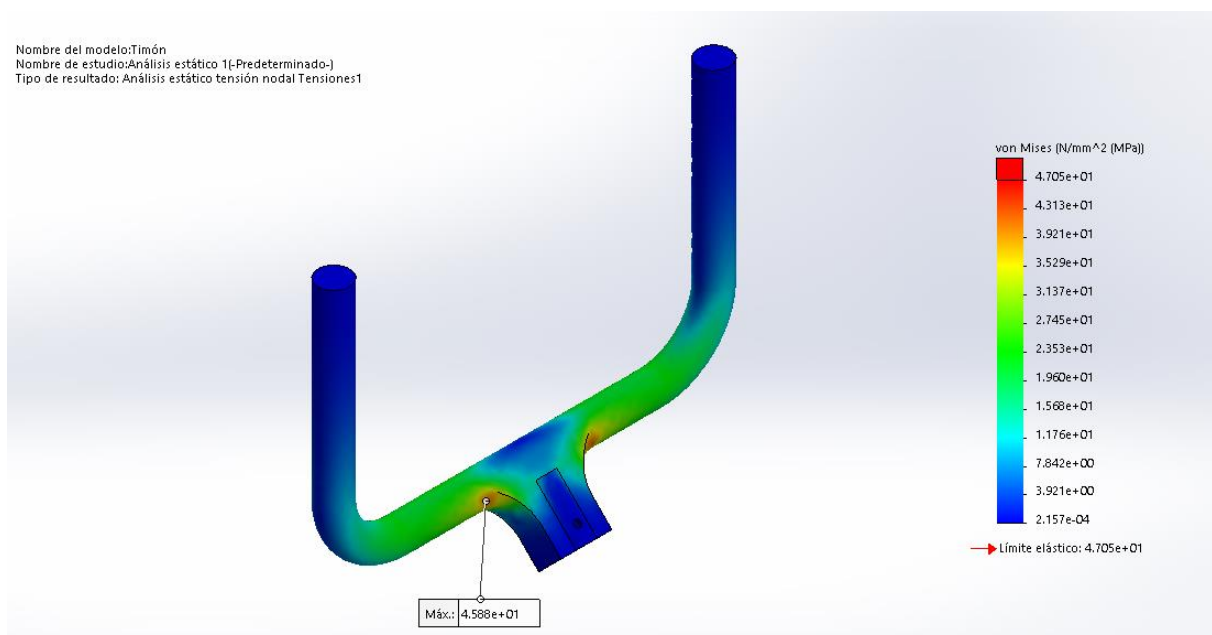


Figura 139: Análisis tensional del tercer modelo de timón [MPa] (97,51%)

La tensión máxima experimentada está al límite (Figura 139), pero es aceptable (45,9 MPa, 97,5%), y la deformación en los extremos disminuye sustancialmente, con un valor tope de 34,9 mm (Figura 140). Por tanto, se puede dar el rediseño como válido.

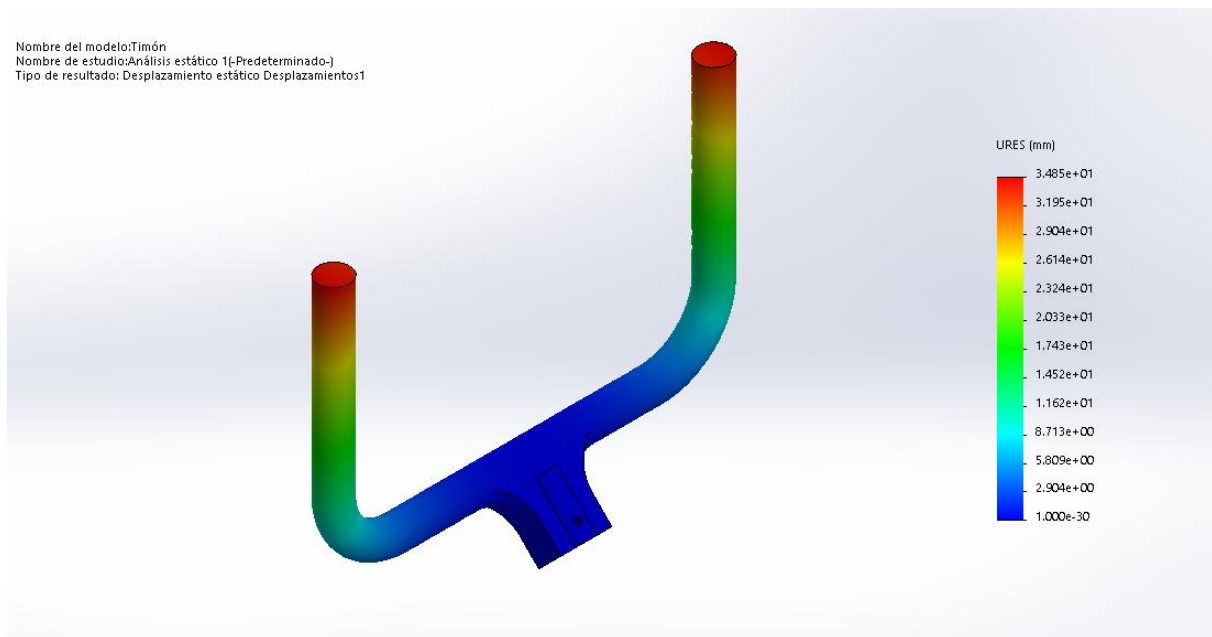


Figura 140: Desplazamientos del tercer modelo de timón [mm]

6.5.9. Análisis singular caña del timón

- Consideraciones previas

La caña del timón es un elemento de perfilería metálica cuya utilidad en el conjunto no es otra que la de conectar y transmitir la fuerza desde el timón al mecanismo de dirección que conecta con las ruedas.

Es un perfil metálico como los empleados anteriormente (25x2 mm AISI 1045), con una zona vertical de 50 mm que conecta con la potencia mediante tornillería, un radio de 30 mm y otra zona angulada hasta alcanzar los 600 mm de altura, donde se une al timón, también mediante el uso de tornillos. En el plano de alzado su dimensión es de 317,5 mm, para conseguir una eficiente separación entre operador y carga.

Las fuerzas que aplicar vienen dadas por las resultantes en el timón (Figura 141); al ser una especialmente grande con respecto a las demás, podemos considerar estas como despreciables y emplear únicamente los 1200 N en el eje paralelo a la plataforma como valor de simulación.

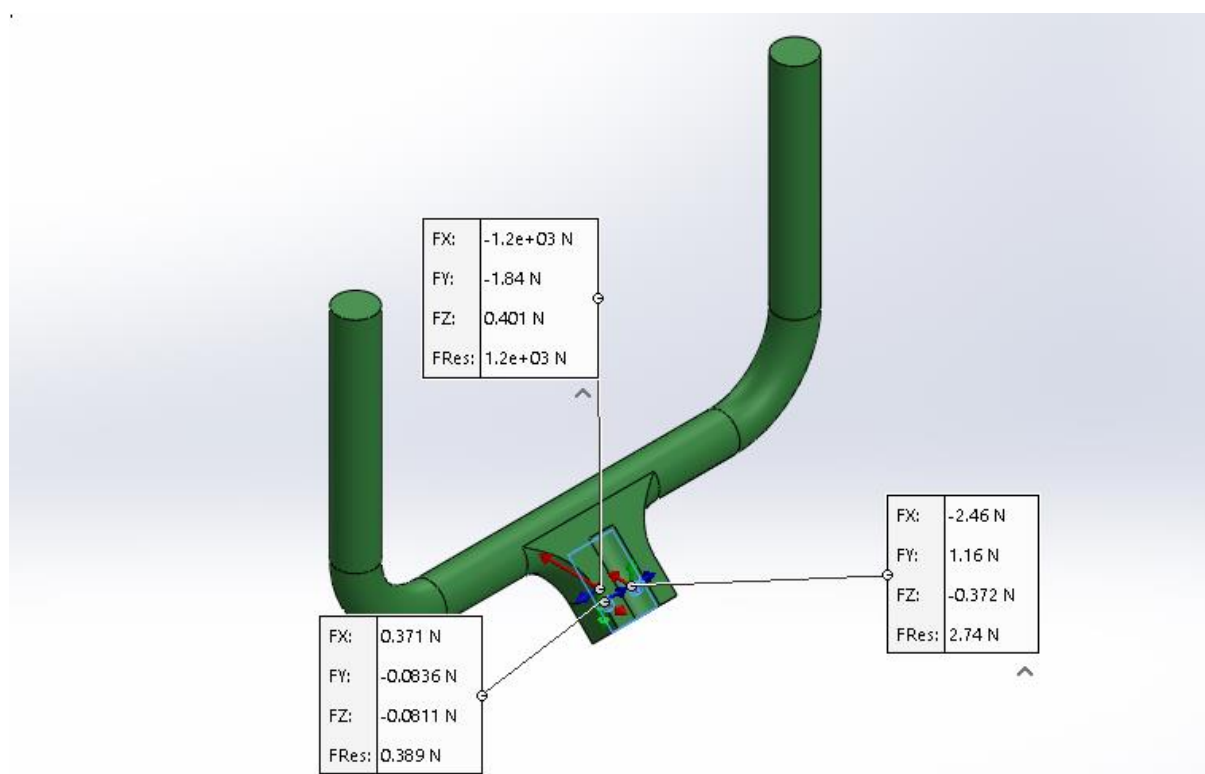


Figura 141: Reacciones en la parte de unión entre timón y caña [N]

Se consideran las uniones entre tubos como uniones fijas, y la tornillería como unión con desplazamientos restringidos en las 3 direcciones. Las características de malla se muestran a continuación (Figura 142):

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 15 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 5 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 10 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1.5 |

Figura 142: Parámetros de mallado fino

- Resultados de la simulación

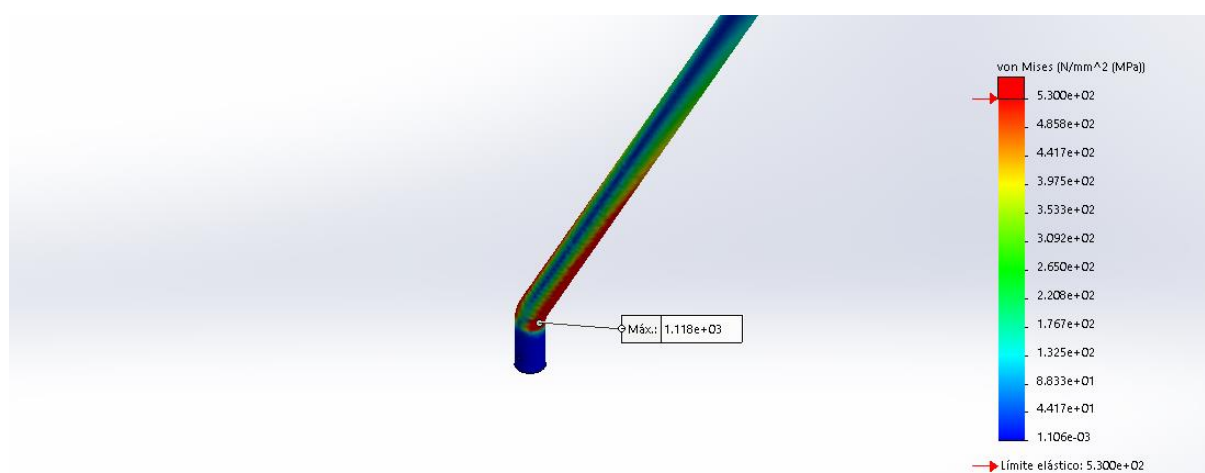


Figura 143: Estado tensional modelo original de caña timón [MPa] (210,94%)

El resultado no es bueno (Figura 143), produciéndose una concentración de tensiones en la región más cercana a la unión con la potencia que duplica el límite elástico del material (1118 MPa, un 210,9%).

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

Para descargar la concentración de tensiones que aparece en la simulación inicial, se contemplan una serie de modificaciones a aplicar paso a paso. La idea es rigidizar el perfil y reducir el momento resultante en la parte curva de la caña.

Como primer paso, se eleva la parte vertical de 50 mm a 200 mm, y se modifica el radio de encuentro de los 30 mm iniciales a 90 mm:

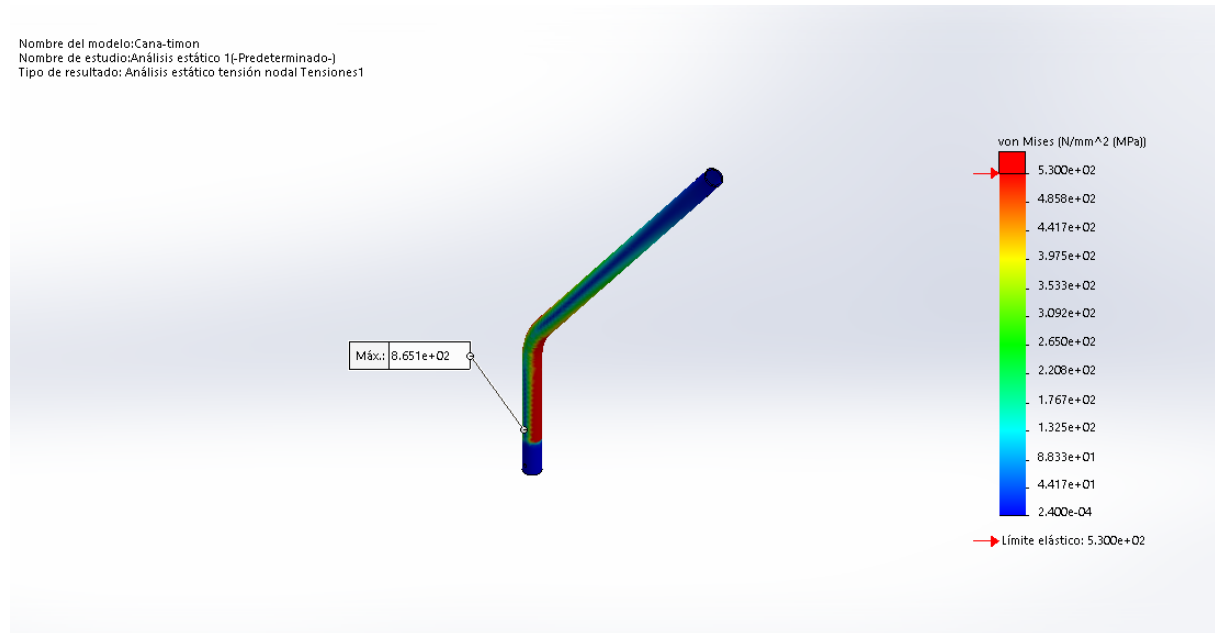


Figura 144: Resultado de tensiones del segundo modelo de caña timón [MPa] (163,23%)

El resultado mejora un poco (Figura 144), pasando del 210% del estado inicial a un 163% de utilización del límite elástico (86,5 MPa). Es un paso importante, pero aún se requiere de cambios de mayor calado para lograr que el perfil sea válido para las cargas aplicadas.

Uno de estos cambios pasa por hacer una excepción a la norma y emplear un perfil de mayores dimensiones; teniendo en cuenta que la pieza iba encajada en el timón y la potencia, se plantea la opción inversa, esto es: que ambas piezas se inserten en el perfil de la varilla. Por tanto, se realiza una nueva iteración con un perfil normalizado AISI 1045 con dimensiones 30x2,6 mm, obteniendo el siguiente resultado:

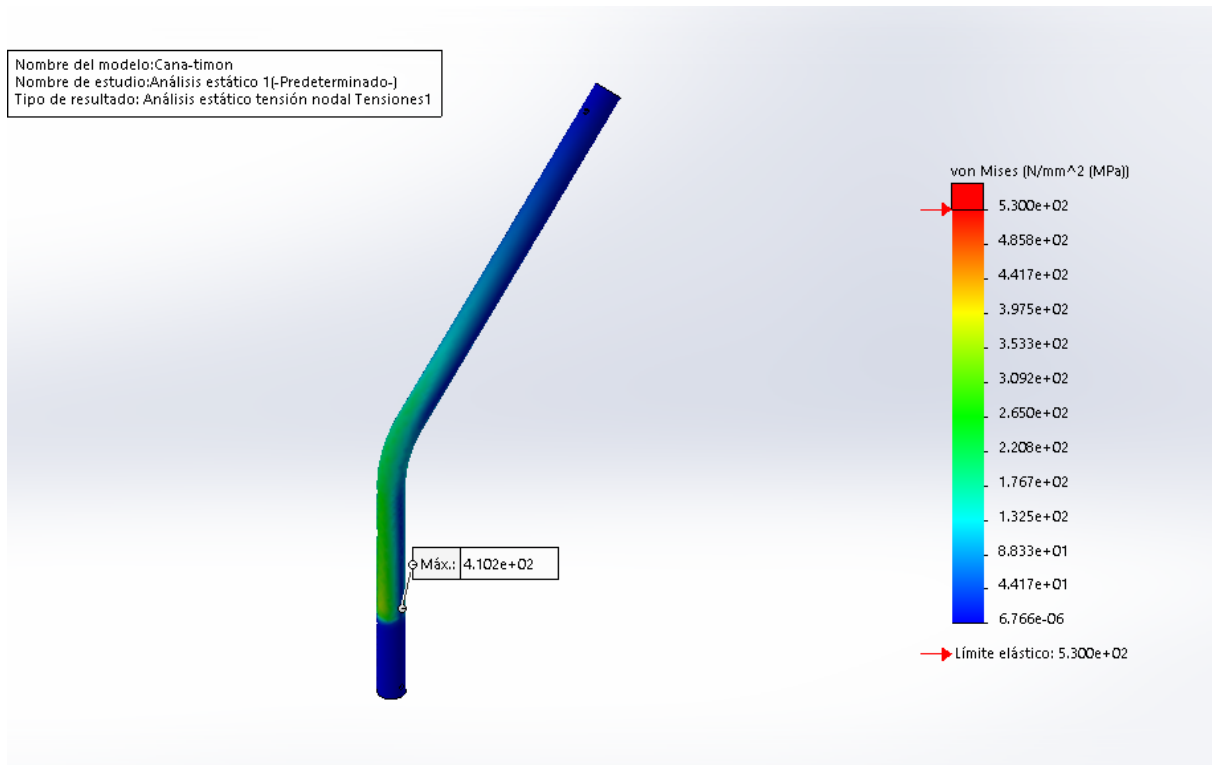


Figura 145: Resultado de tensiones del tercer modelo de caña timón [MPa] (77,40%)

La nueva sección cumple con las limitaciones del material (Figura 145), alcanzando un máximo de 410,2 MPa (77,4%), lo cual valida el rediseño. El desplazamiento máximo en la zona del timón es de 16,7 mm, una cifra aceptable para el componente.

Estas modificaciones acarrearán una leve variación en el timón, que será descrita en el análisis del sistema de dirección completo.

6.5.10. Análisis singular anclaje y potencia

- Consideraciones previas

El anclaje y potencia es un conjunto de elementos que antes de nada es conveniente justificar por qué se analizará como una parte singular. Al tratarse de los elementos transmisores de esfuerzo de empuje (tanto para movimiento rectilíneo como para el giro de la carretilla) a las ruedas, así como de carga desde la plataforma hacia las ruedas, van íntimamente ligados tanto a nivel físico como funcional.

Se trata de un conjunto total de 3 piezas, que se une por la parte interna de la caña del timón mediante tornillería en su parte superior, y usando el mismo método de unión a la parte superior de la horquilla. Para su unión a la plataforma, debido a la modificación introducida en esta al añadir el perfil de soporte central, es necesario rediseñar el anclaje propuesto inicialmente (que cubría esa parte de perfil), al igual que la potencia, adaptada para alojar en el interior del perfil el diseño inicial de la caña, que cambió de sección. Este componente deberá soportar las solicitaciones resultantes dadas por la caña del timón (Figura 146) y la unión a la plataforma (Figura 147).

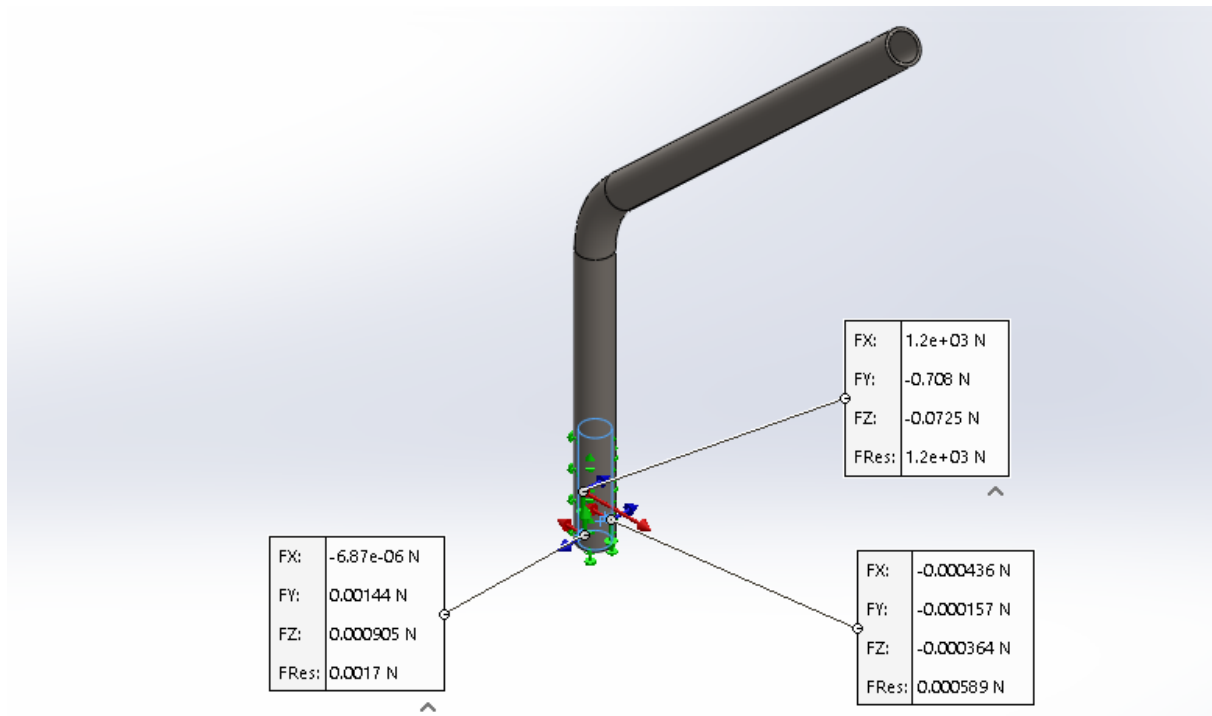


Figura 146: Reacciones en la caña del timón [N]

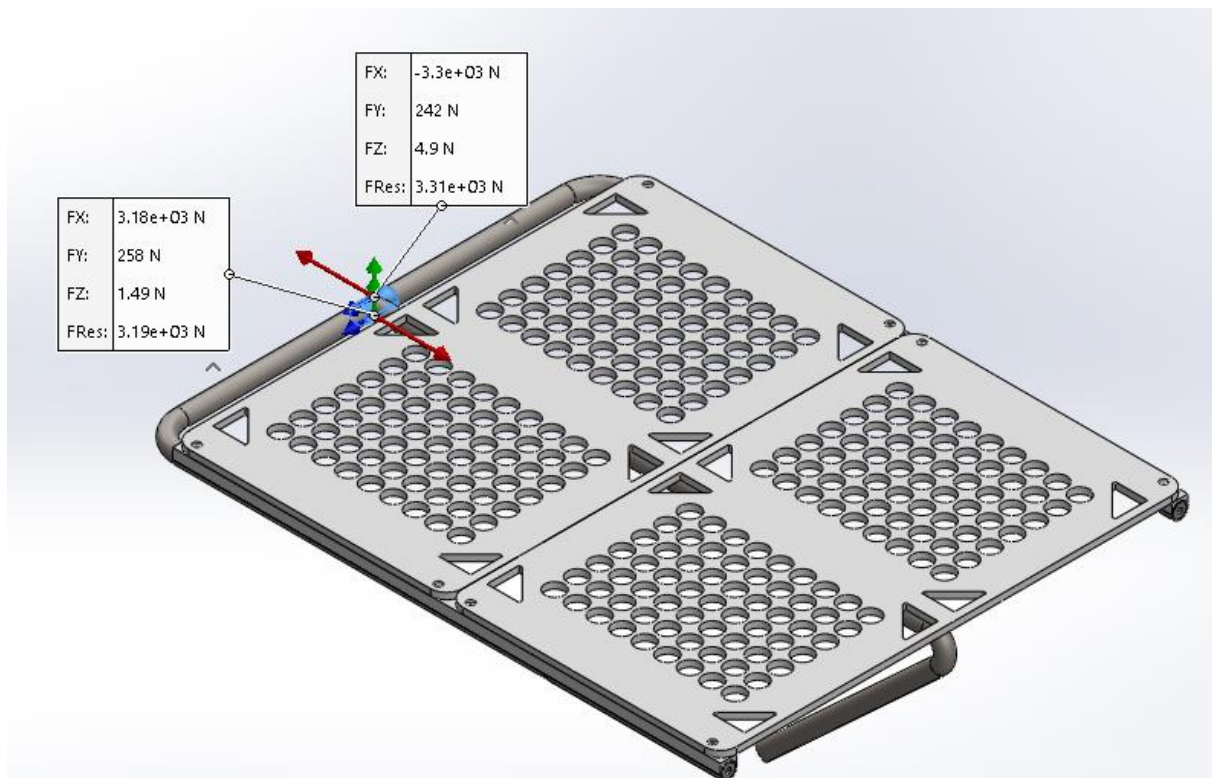
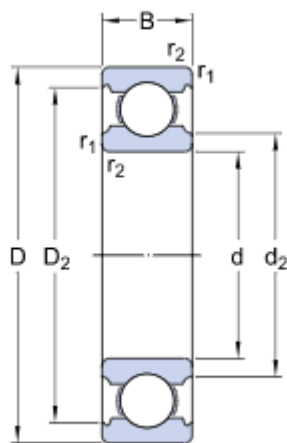


Figura 147: Reacciones en el soporte de la plataforma [N]

La idea es que el elemento mecánico que permitiese el giro de la potencia en el eje perpendicular al anclaje fuese un rodamiento; esta idea se va a mantener por considerarse la manera más económica de elaborar un sistema de dirección para la carretilla fiable y duradero.

Para dejar estos rodamientos insertos y fijos en un eje vertical (y permitir así el giro), se procede a diseñar un modelo de anclaje-potencia basado en un tubo que alojará los mismos para asegurar su firmeza y ausencia de movimientos axiales.

Se debe contemplar un rodamiento cuyo diámetro interno sea el mismo que el de la caña del timón que girará solidariamente a este (30 mm). Una búsqueda (SKF, 2020) por tipologías de uso, carga y dimensiones aconseja el uso de un par de rodamientos modelo W 63806 (Figura 148).



| Dimensión | mm |
|------------------|----------|
| d | 30 |
| D | 42 |
| B | 10 |
| d ₂ | 33,11 |
| D ₂ | 39,2 |
| r _{1,2} | Min. 0,3 |

Figura 148: Rodamiento seleccionado y sus dimensiones

Para fijar dentro del anclaje el rodamiento, en las partes donde este no se encuentra se colocarán unas arandelas de goma SBR, de modo que absorberán posibles impactos y parte del esfuerzo inducido. Esta parte vertical, debido a las dimensiones del rodamiento, se alojará en un tubo metálico normalizado de 51x4,5 mm y 60 mm de largo, que irá soldado a una pletina (a su vez soldada a la plataforma) de 25 mm de espesor por 100 mm de ancho. Debido a que no tiene mucho sentido analizar una pieza de reducidas dimensiones (y de que la potencia ha pasado a formar parte de la caña del timón), se analizarán los componentes timón, caña timón y anclaje conjuntamente.

Las soldaduras entre arandela final del anclaje, así como las soldaduras entre anclaje y pletina y pletina y plataforma serán cordones de 1 mm. Se considera como unión rígida la existente entre los rodamientos y la caña del timón; las sujeciones serán restricción de movimiento vertical en el extremo inferior de la caña y sujeción de tipo fijo en la parte del anclaje en contacto con la plataforma (Figura 149).



Figura 149: Modelo mallado y con las cargas y restricciones aplicadas

- Resultados de la simulación

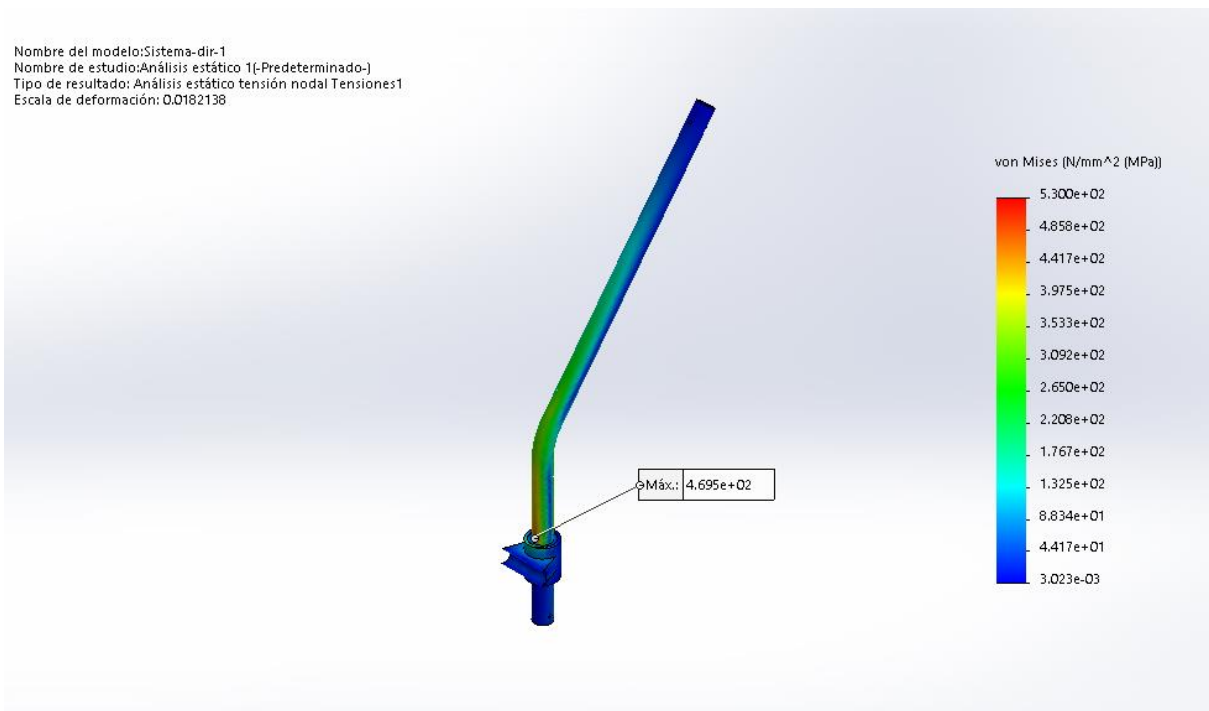


Figura 150: Estado tensional del conjunto [MPa] (88,58%)

La simulación de las modificaciones elaboradas sobre el sistema de dirección superior ha dado sus frutos (Figura 150), y el modelo propuesto es aceptable a niveles de tensiones, por lo que el modelo se puede validar.

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

No se realizarán dado que el diseño ya modificado por necesidades anteriores del proyecto resultó satisfactorio.

6.5.11. Análisis singular horquilla y eje

- Consideraciones previas

El último componente singular se trata, al igual que en el caso anterior, de un componente con dos partes: la horquilla, que se encarga de dar apoyo a ese flanco del conjunto y recibir las cargas de este; y el eje de la rueda, un perfil de pequeñas dimensiones que sostiene la horquilla y sobre el que gira la rueda. Al ser dos componentes que funcionan conjuntamente, y por lo reducido de las dimensiones de este último, se decide analizarlos conjuntamente.

La horquilla se conforma de un perfil metálico tubular doblado en “u”, con un espacio entre extremos de 120 mm (debe alojar la rueda en su interior), y 3 apéndices de unión, de los cuales dos se colocan en los extremos del perfil y tienen forma de pinza, y el otro es tubular y mecanizado para atornillarse a la parte inferior de la potencia, encontrándose soldado al perfil en forma de “u” que conforma la horquilla. El conjunto se une al eje mediante las pinzas, quedando retenido mediante anillos para tales efectos. El eje es un perfil tubular simple y rectilíneo de 130 mm de largo.

Las cargas vienen dadas por las reacciones transmitidas en la potencia; la parte del eje cubierta por la llanta se considera un elemento de sujeción fijo.

Las características de malla se muestran a continuación (Figura 151):

| Característica | Valor |
|---|-------|
| Tamaño máximo de elemento | 15 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 5 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 10 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1.5 |

Figura 151: Parámetros de mallado fino

- Resultados de la simulación

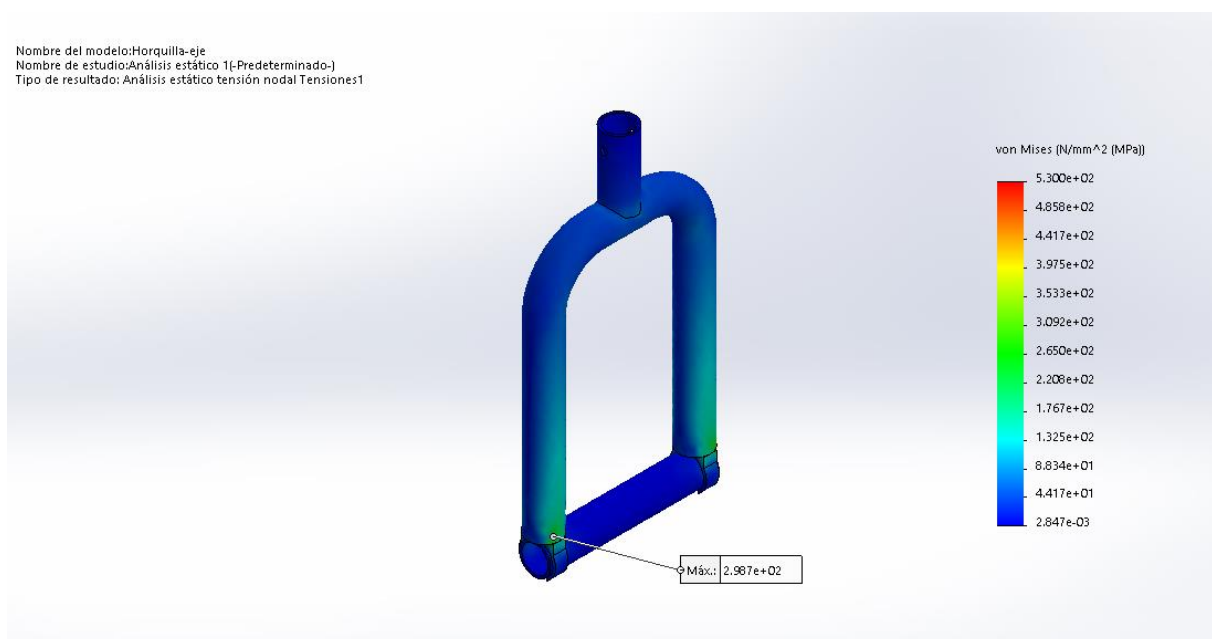


Figura 152: Estado tensional del conjunto horquilla-eje [MPa] (56,36%)

La simulación (Figura 152) resulta positiva, con una tensión resultante máxima de 298,7 MPa.

- Observaciones al diseño inicial y comprobación

No es necesario realizar modificaciones al diseño propuesto

6.5.12. Análisis ensamblaje completo (carretilla agrícola rediseñada)

- Consideraciones previas

Llegados a esta parte, conviene resaltar la no necesidad de analizar el conjunto completo, ya que se han evaluado las partes y subensamblajes por separado y sería suficiente para validar mecánica y técnicamente el prototipo.

En el caso que nos ocupa, sí que se va a llevar a cabo su análisis debido a que, una vez conocidos los valores de tensión máximos en cada punto, y realizadas las modificaciones pertinentes en cada etapa, se retroalimentarán los análisis anteriores con el último estado de cada simulación para modificar ciertos aspectos de la carretilla.

El más importante es la supresión de los soportes laterales, dado que se debería de haber modificado su forma para no interferir con la unión atornillada, además de que el cambio de material hará que el estado tensional en esa parte de la plataforma sea menor; esto habilita la colocación de las ruedas en la zona interna del eje, reduciendo así el ancho de la carrerilla.

El otro cambio de relevancia es la selección final de materiales, una vez conocidas más variables se puede afinar dicho proceso para emplear materiales que a igualdad de coste aporten más valor o viceversa (a igualdad de propiedades supongan menor coste).

Para llevar a cabo la simulación, se aplican todas las cargas a la vez, excluyendo del análisis las ruedas (dado que son un componente estándar no se atribuye su análisis al proyecto) y colocando en su lugar geometrías fijas para la dirección vertical.

Los 3 subensamblajes fundamentales descritos en la Figura 81 (plataforma, parte fija y sistema de dirección) se conectan entre sí en 3 puntos: 1 de ellos es el lado corto de la estructura de la plataforma, dónde se halla soldado mediante un cordón de 1 mm el anclaje-potencia del sistema de dirección (simulado como una unión rígida entre ambos elementos, siendo los otros 3 conexiones entre la parte fija y la plataforma, empleando dos pernos DIN 931 8.8 M5x55 como conexión entre los extremos de la estructura de la plataforma y el elemento asidero, y un cordón de soldadura de 1 mm que une el eje al soporte central (modelado en SolidWorks como una unión rígida).

El modelado de la malla se realiza con parámetros de gran tamaño para reducir el tiempo de la simulación (Figura 153), debido a que el gran número de contactos entre sólidos (Figura 154) elevaría la duración de esta a más de 24 horas de usar un mallado fino.

| Característica | Valor |
|---|--------|
| Tamaño máximo de elemento | 100 mm |
| Tamaño mínimo de elemento | 20 mm |
| Número min. de elementos en un círculo | 6 |
| Cociente de crecimiento del tamaño del elemento | 1.6 |

Figura 153: Parámetros de malla muy gruesa

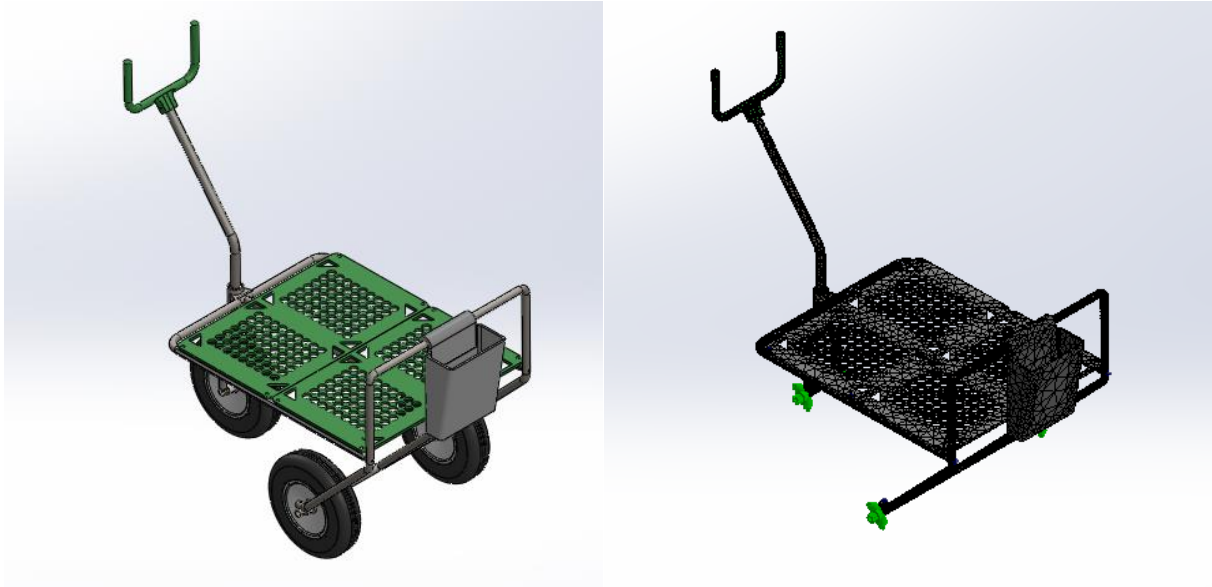


Figura 154: Modelado tridimensional del diseño definitivo y su equivalente mallado

- Resultados de la simulación

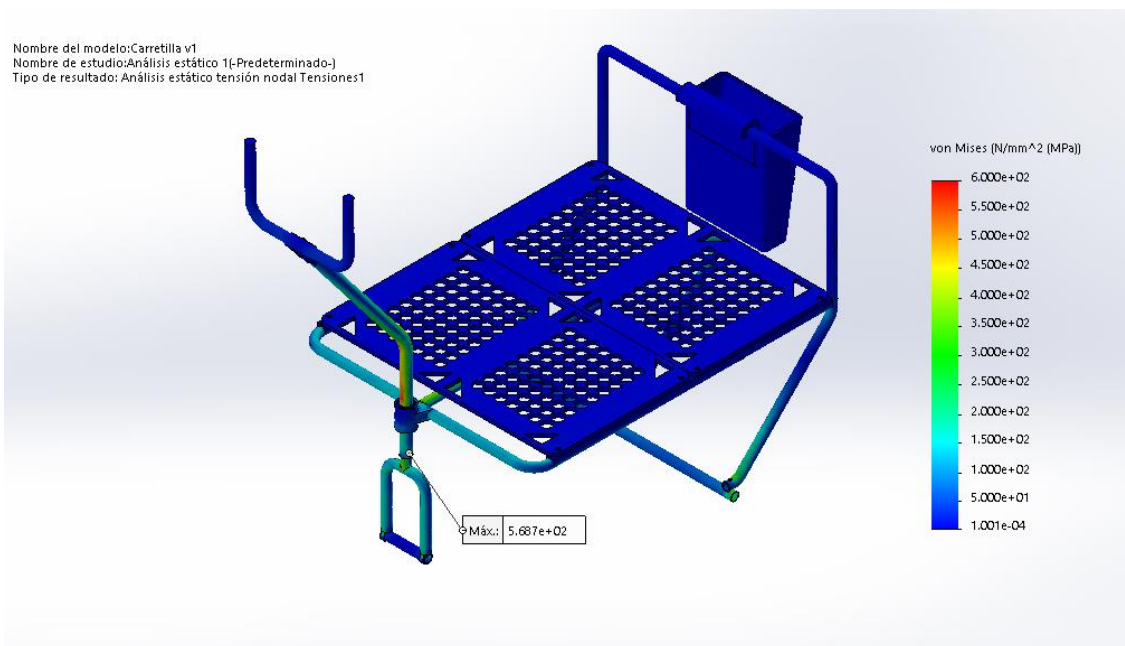


Figura 155: Estado tensional de la carretilla; zona de tensión máxima [MPa] (94,78%)

La simulación completa del modelo entra dentro de lo esperado (Figura 155), con un punto máximo de tensión en la zona de unión de la horquilla con la caña del timón, que se encuentra por debajo del límite elástico del material.

Con esta simulación se puede dar por válido el diseño final. Como complemento, se adjunta una tabla resumen (Figura 156) de los componentes y sus respectivas tensiones máximas (provenientes de este último análisis).

| Componente | Material | Límite elástico [MPa] | Tensión máxima [MPa] |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------------------|
| Eje | YS550 | 600,00 | 322,10 |
| Asa fija | YS550 | 600,00 | 548,70 |
| Cesto | PE-MD | 18,00 | 1,68 |
| Anclaje potencia | YS550 | 600,00 | 195,90 |
| Caña timón | YS550 | 600,00 | 512,80 |
| Junta goma | SBR | 2,20 | 2,14 |
| Junta intermedia | SBR | 2,20 | 0,21 |
| Horquilla | YS550 | 600,00 | 386,50 |
| Tubo horquilla | YS550 | 600,00 | 568,70 |
| Eje rueda | YS550 | 600,00 | 265,40 |
| Timón | PVC-R | 47,05 | 36,96 |
| Junta | SBR | 2,20 | 0,50 |
| Plataforma base | PVC-R | 47,05 | 19,13 |
| Estructura plataforma | YS550 | 600 | 329,80 |
| Soporte central | YS550 | 600 | 325,80 |

Figura 156: Material de las piezas y estado tensional final

6.6. Selección de materiales

Se trata de un método análogo al llevado a cabo para modelar el prototipo final de la carretilla; partiendo de una elección estimada del diseñador en base al conocimiento sobre materiales y métodos de fabricación ampliamente utilizados, se escoge un posible material que aplicar durante la realización de las simulaciones de comprobación técnico-mecánicas en la herramienta CAD-CAE. Una vez obtenidos datos de rendimiento de material a partir de estas simulaciones, se procede a afinar la búsqueda haciendo uso de una herramienta específica que facilita la comparación de materiales y supone una referencia fiable (GRANTA EduPack).

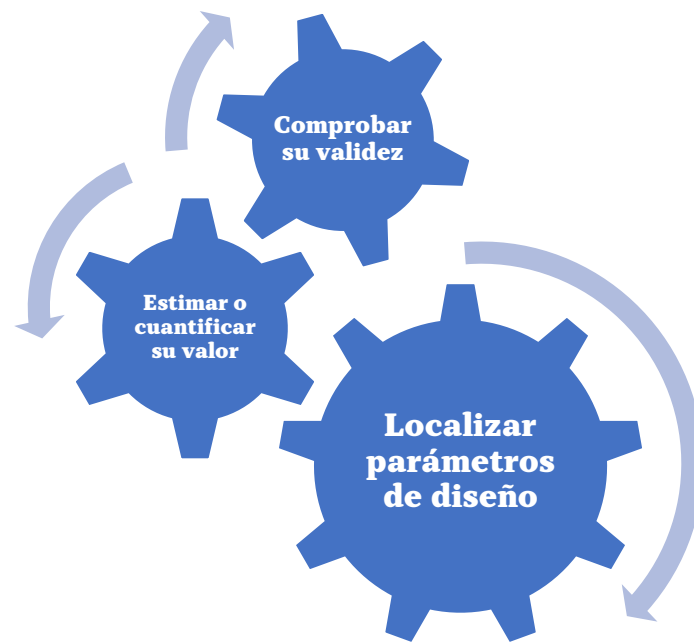


Figura 157: Filosofía de búsqueda de materiales

En la Figura 157 se puede comprobar el carácter retroalimentativo de la selección de materiales, modificando en cada una de las fases (representadas como engranajes) la variable que sea pertinente: diseño de la pieza, características del material, condiciones de contorno o solicitaciones.

Esta forma de seleccionar materiales se ve apoyada en las tablas de selección o mapas de Ashby, unas representaciones gráficas que, tomando parámetros a cumplimentar por el diseño como propiedades del material, ordena y filtra materiales que entran dentro de dichos requerimientos para ayudar al diseñador en su elección (Shackelford, 2005).

El proceso detallado de selección de cada uno de los materiales testeados durante el proceso de simulación se puede encontrar en el Anexo IV, pudiendo hallar en las sucesivas tablas de este apartado un resumen de las decisiones tomadas en cuanto al uso de materiales.

- Perfilera metálica

Se comienza empleando el acero AISI 1010 por su bajo precio y notables propiedades mecánicas y de maquinabilidad/soldado. Se realizan dos iteraciones más (Figura 158).

| Iteración | Material 1 | Material 2 | Justificación del cambio |
|-----------|------------|------------|---|
| 1 | AISI 1010 | AISI 1045 | Búsqueda de un material de la misma familia con un valor de límite elástico superior por requerimientos del análisis |
| 2 | AISI 1045 | S550MC | Búsqueda de un material más económico manteniendo (o mejorando) las propiedades del anterior, una vez conocidas las máximas solicitaciones que ha de soportar |

Figura 158: Proceso de selección de acero para perfilería

- Plataforma base

Por compartir requerimientos similares, y siempre dentro del marco de optimizar el número de materiales y tipos de estos que se utilizan, este se empleará también en el timón. Se parte desde el ABS, un termoestable con gran resistencia a impacto, bajo coste y apto para el moldeo por inyección (Figura 159).

| Iteración | Material 1 | Material 2 | Justificación del cambio |
|-----------|---|---------------------------------------|--|
| 1 | ABS (alto impacto, para moldeo por inyección) | PVC (rígido, para moldeo y extrusión) | Búsqueda de un material más económico que cumpliera con las solicitaciones específicas en el análisis con un margen de seguridad menor |

Figura 159: Proceso de selección material plataforma base/timón

- Cesto

Se necesita para este componente un material ligero y económico, usando en una primera fase el polipropileno copolímero aleatorio de alto flujo (Figura 160)

| Iteración | Material 1 | Material 2 | Justificación del cambio |
|-----------|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | PP (copolímero aleatorio, alto flujo) | PE-MD (para moldeo y extrusión) | Búsqueda de un material más económico que cumpliera con las solicitaciones específicas en el análisis con un margen de seguridad menor, además de una mejora en resistencia frente a agentes corrosivos |

Figura 160: Proceso de selección material cesto

- Piezas de elastómero

Se establece la goma SBR como material inicial para probar con las partes que hacen de junta entre distintos elementos. Tras el análisis post-simulaciones, resulta como el material ideal, por lo que no se requiere de iteraciones adicionales.

6.7. Presupuesto

Como otro de los elementos de control del rediseño, se requiere elaborar un presupuesto para conocer el precio de venta al público final, y en base al mismo verificar si el modelo propuesto entra dentro de los márgenes establecidos en los límites marcados al inicio. Además, el conocer esta cuantía puede servir como referencia comparativa para con otros modelos.

En esta versión simplificada del presupuesto (que se puede consultar con mayor grado de detalle en el Anexo V) se discrimina por componentes de fabricación/procesado propios (en la misma planta industrial que diseñó el modelo) y aquellos que bien sea por complejidad o por estar estandarizados, es más económico adquirirlos que fabricarlos. Aparte también se desgrena el coste de las operaciones de acabado del producto, que no se encuadrarían en la categoría de componentes. A continuación, se muestra una tabla resumen del PVP final (Figura 161).

| Componente | Ud. | Medidas | | | Coste [€] | |
|---------------------------------|-----|---------|-------|----------------|-----------|-------|
| | | Parcial | Total | Ud. | Parcial | Total |
| Eje | 1 | 0,83 | 0,83 | kg | 0,62 | 0,62 |
| Asa fija | 1 | 5,16 | 5,16 | kg | 4,23 | 4,23 |
| Anclaje potencia | 1 | 0,49 | 0,49 | kg | 0,37 | 0,37 |
| Caña timón | 1 | 1,43 | 1,43 | kg | 1,17 | 1,17 |
| Horquilla | 1 | 0,56 | 0,56 | kg | 0,46 | 0,46 |
| Tubo horquilla | 1 | 0,06 | 0,06 | kg | 0,05 | 0,05 |
| Eje rueda | 1 | 0,15 | 0,15 | kg | 0,11 | 0,11 |
| Estructura plataforma | 1 | 2,79 | 2,79 | kg | 2,29 | 2,29 |
| Soporte central | 1 | 1,55 | 1,55 | kg | 1,16 | 1,16 |
| Plataforma base | 2 | 2,88 | 5,76 | kg | 5,82 | 11,64 |
| Timón | 1 | 0,52 | 0,52 | kg | 1,36 | 1,36 |
| Cesto | 1 | 1,77 | 1,77 | kg | 2,97 | 2,97 |
| Junta goma | 2 | 0,01 | 0,01 | kg | 0,01 | 0,01 |
| Junta intermedia | 1 | 0,02 | 0,02 | kg | 0,03 | 0,03 |
| Junta | 2 | 0,13 | 0,26 | kg | 0,17 | 0,35 |
| Arandela DIN 125 M5x7x0,5 | 4 | - | - | - | 0,01 | 0,04 |
| Rueda poliuretano rígido | 3 | - | - | - | 2,00 | 6,00 |
| Rodamiento W63806 | 2 | - | - | - | 0,35 | 0,70 |
| Tuerca DIN 934 M5x0,8 | 8 | - | - | - | 0,01 | 0,08 |
| Tornillo DIN 931 M5x20 | 8 | - | - | - | 0,01 | 0,08 |
| Tornillo DIN 931 M5x55 | 5 | - | - | - | 0,01 | 0,05 |
| Anillo de retención DIN 471 M27 | 4 | - | - | - | 0,01 | 0,04 |
| Soldadura | 1 | 0,63 | 0,63 | kg | 3,00 | 1,88 |
| Adhesivo | 1 | 0,01 | 0,01 | kg | 7,15 | 0,07 |
| Pintura | 1 | 1,59 | 1,59 | m ² | 1,85 | 2,94 |

Figura 161: Resumen de costes (operaciones incluidas)

Una vez conocido el coste de fabricación del producto completo, se calcula el coste de venta al público estableciendo un beneficio industrial del 20% y un margen en el punto de venta del 10% de este último precio (Figura 162).

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Coste unitario | 38,70 € |
| Beneficio industrial | 7,74 € |
| Margen minorista | 4,64 € |
| TOTAL | 51,08 € |

Figura 162: Cálculo del PVP de la carretilla agrícola propuesta

7. CONCLUSIONES

Durante la elaboración de este Trabajo Fin de Grado se ha efectuado un proceso completo de Diseño Industrial, integrando en el mismo una investigación previa para definir el objeto del rediseño y sus particularidades, la aplicación de una Metodología de Diseño (Metodología de Análisis del Valor) que permite dotar de estructura y rigor al proceso y la puesta en marcha del mismo (dentro de los límites del ámbito educativo) simulando la puesta en marcha de la versión con más valor de las estudiadas a través de un análisis técnico-mecánico en una herramienta CAD-CAM (SolidWorks).



Figura 163: Vista isométrica del producto final

El presente rediseño (Figuras 163-164-165) no entra en conflicto con los límites establecidos en las fases iniciales (normativos y del mercado), pues se adapta a los rigores legislativos en aquellas partes que le son de aplicación, como es la altura de manejo del operador, sección de agarre o altura de trabajo, a aquellos derivados del cliente objetivo, no superando el coste estimado (techo de PVP en 75€, siendo el PVP del producto rediseñado un 66% de este límite) y aplicando técnicas de optimización industrial (reducción de *stocks*, piezas desmontables, reducción de volumen de almacenamiento), y a la no intromisión de la propiedad industrial registrada, empleando modelos originales y que no han sido reivindicados.

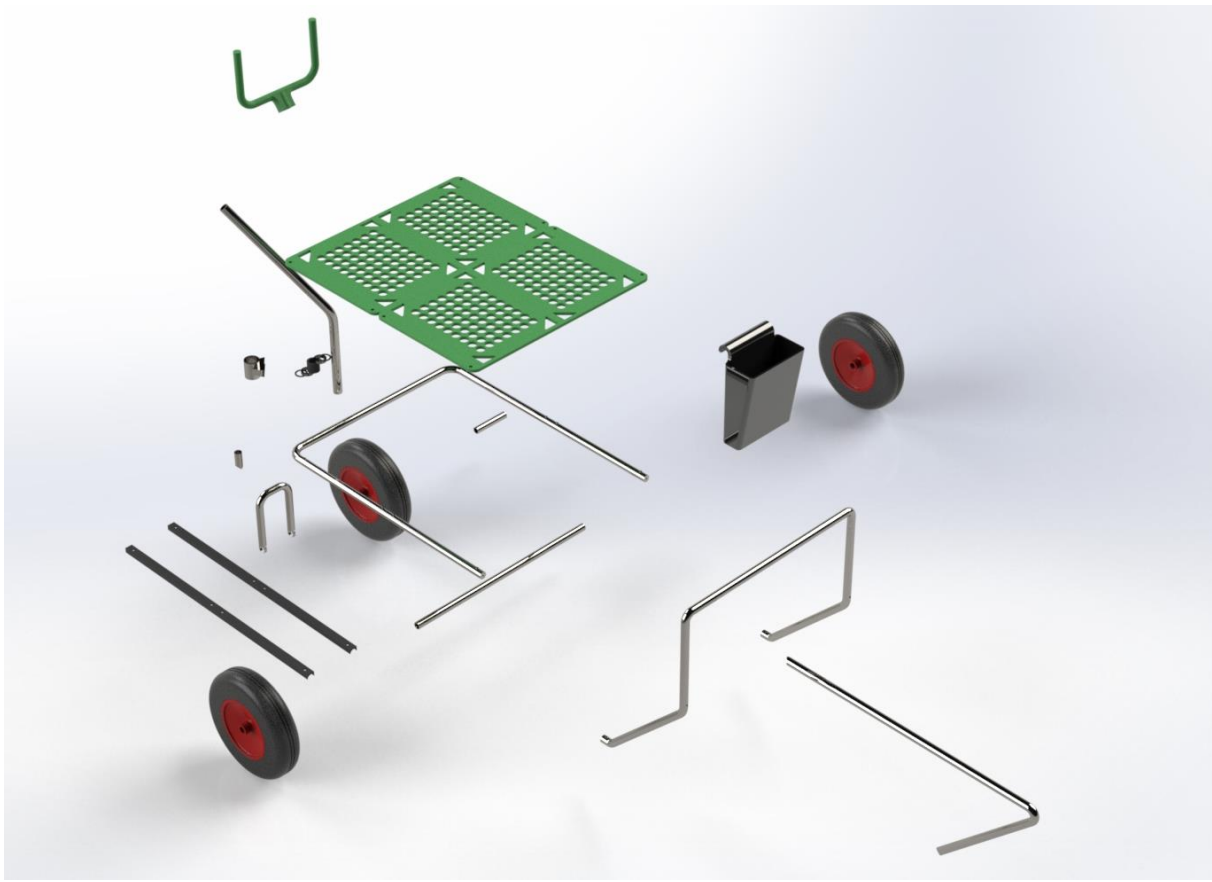


Figura 164: Despiece de materiales de la carretilla

Si bien la componente del diseñador es relevante en el proyecto, se acudió al mercado como elemento fundamental para obtener información acerca del producto. Este acercamiento trajo consigo una cantidad de datos que previamente habían sido “cocinados” para que aportasen una parte del conocimiento necesario a la hora de elaborar propuestas de rediseño.

A partir del análisis estadístico y la interpretación de esos datos, se ejecutó la parte más metódica del Análisis del Valor, efectuando una serie de comprobaciones en base a la información y una serie de entradas referentes al producto (y provenientes de su análisis funcional y de costes), de modo que se obtenga un resultado final aséptico y mínimamente sesgado en forma de índices de valor.

En este punto, el diseñador dispuso de una información clara y meridiana al respecto de que necesidades tenía el cliente y que componentes aportaban un mayor valor al conjunto; con este conocimiento, se procedió a realizar una serie de propuestas que confluyeron en 3 modelos de rediseño concretos y modelados en CAD.

Estas 3 propuestas pasaron a la fase de selección, dónde volviendo a emplear los datos obtenidos en el estudio de mercado, se realizó una evaluación y selección metódica del prototipo que debía seguir adelante.

A partir de ese diseño base, se ejecuta un plan de análisis técnico-mecánicos mediante simulación CAD-CAE, consistente en ramificar la carretilla en subensamblajes y componentes singulares, de modo que se pueda afinar la simulación y comprobación de estos. Este estudio se realiza de manera paralela a un proceso de selección de materiales

iterativo, en el que se parte de un material apto para el modelado y, una vez obtenidos datos mecánicos del análisis, realizar una selección más precisa en base a los mismos.

Una vez diseñado y comprobado el modelo tridimensional, se aproxima un presupuesto de precio de venta unitario del mismo, dado que era uno de los condicionantes a minimizar en el proyecto. Como medio de comunicación del rediseño propuesto, se adjuntan una serie de planos donde se detallan los componentes que conforman la carretilla y los métodos de unión entre estos, además de una solicitud de reivindicación del diseño en la Oficina Española de Patentes y Marcas.

Por tanto, el desarrollo de este proceso de rediseño se puede considerar como satisfactorio: se ha efectuado en base a las opiniones de una muestra de clientes objetivo, y se ha conseguido aportar más valor a un coste similar en materia de innovación, funcionalidades y fabricación.

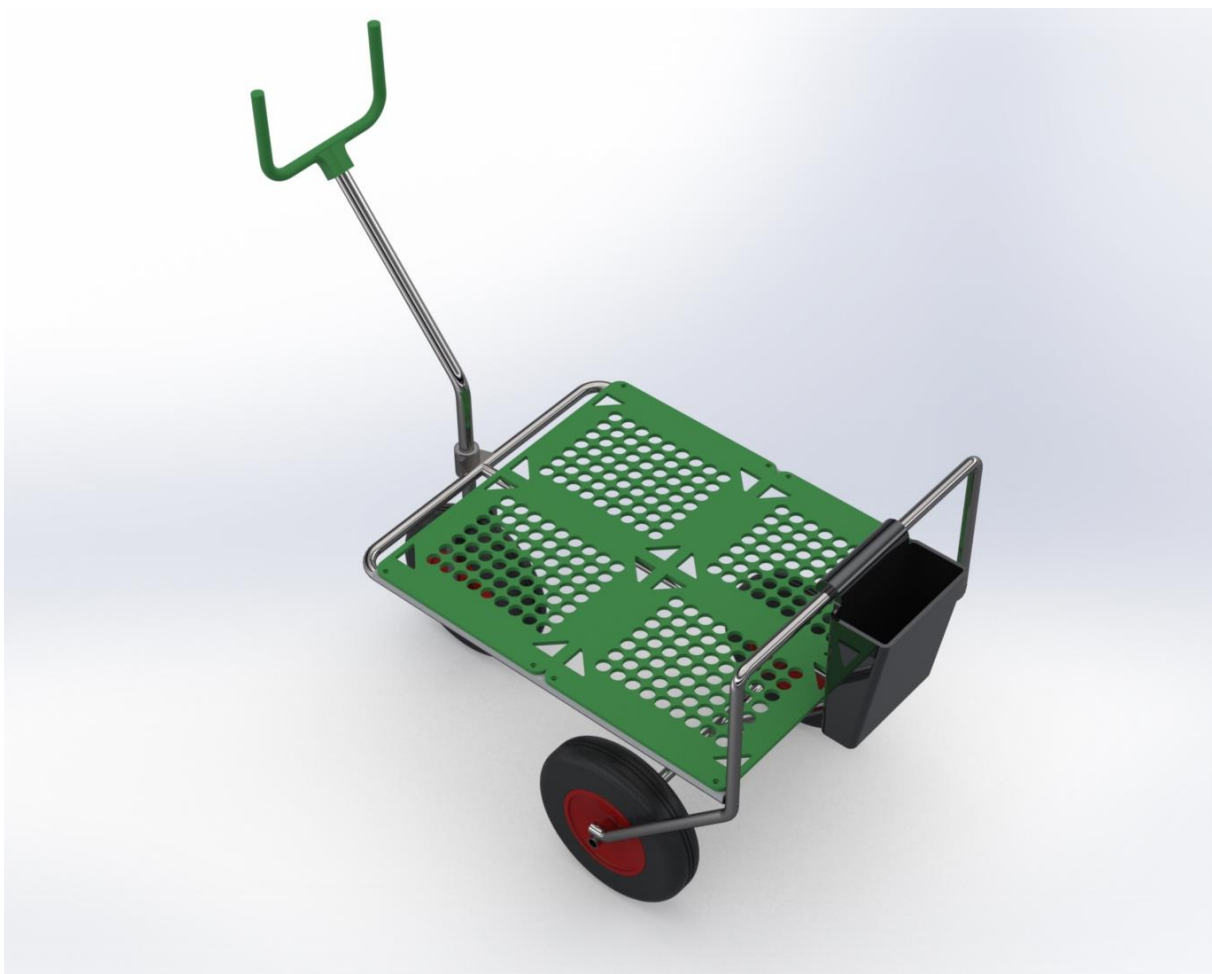


Figura 165: Vista angular de la carretilla

8. BIBLIOGRAFÍA

AEI Technologies, S.a.r.l., 2009. *Institut National de la Propriété Industrielle*. [En línea] Available at: http://bases-modeles.inpi.fr/Typo3_INPI_Modeles/dessins_fiche_resultats.html?id=FR096082-0001

Alibaba Group, 2020. *Alibaba*. [En línea] Available at: alibaba.com

Asociación Española de Normalización y Certificación, 2007. *Gestión del valor. Guía para el diseño y desarrollo de proyectos de Análisis del Valor de acuerdo a la Norma UNE-EN 12973:2000 "Gestión del Valor"*. Madrid: AENOR.

Cabello Pérez, J., Márquez Sierra, F., Pérez Fernández, J. & Verdier Alarcón, C., 2009. Método de Diseño Industrial. En: *Metodología del Diseño Industrial (Una aproximación a los Métodos de Diseño Industrial)*. Málaga: Universidad de Málaga, pp. 68-69.

Cabello Pérez, J., Márquez Sierra, F., Pérez Fernández, J. & Verdier Alarcón, C., 2009. Metodología del Diseño, su necesidad; el Proceso de Diseño; fases o etapas del Proceso de Diseño. En: *Metodología del Diseño Industrial (Una aproximación a los Métodos de Diseño Industrial)*. Málaga: Universidad de Málaga, pp. 49-54.

ECOMAT S.a.r.l., 2006. *Institut National de la Propriété Industrielle*. [En línea] Available at: http://bases-modeles.inpi.fr/Typo3_INPI_Modeles/dessins_fiche_resultats.html?id=FR064735-0002

Gómez González, S., 2008. Introducción a Solidworks. En: *El gran libro de SolidWorks*. s.l.:Marcombo, pp. 17-32.

González-Yebra, Ó., Aguilar, M. & Aguilar, F., 2019a. Is the design a vector to be considered in the agri-food industry? An interprofessional analysis in Andalusia (Spain). En: *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. s.l.:Springer, pp. 610-621.

González-Yebra, Ó., Aguilar, M. & Aguilar, F., 2019b. The Design Component in the Agri-food Industry. A first approach to the Design Component in the agri-food industry of southern Spain. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*, 51(1), pp. 125-146.

IDEAL, 2018. *ideal.es*. [En línea] Available at: <https://www.ideal.es/almeria/almeria/aumenta-facturacion-industria-20180618005713-ntvo.html>

IDEAL, 2019. *ideal.es*. [En línea] Available at: <https://www.ideal.es/almeria/almeria/almeria-cerrara-2018-20190124004827-ntvo.html>

Instituto Nacional de Estadística, 2009. *ALMERÍA: Censo Agrario 2009*. [En línea] Available at: <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t01/p042/a2009/prov04/10/&file=0201.px#lta bs-tabla>

Iserte Peña, E., Espinosa, M. & Domínguez, M., 2012. Métodos y metodologías en el ámbito del diseño industrial. *Técnica Industrial*, pp. 38-44.

Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, 2018. *La superficie de invernaderos de Andalucía oriental crece hasta las 35.489 hectáreas, un 1,7% más que en la pasada campaña*, s.l.: s.n.

Magán, J., López, J., Escudero, A. & Pérez-Parra, J., 2007. *Comparación de dos estructuras de invernadero (cristal vs. plástico)*, s.l.: Cajamar Caja Rural.

Mengoni, M. & Germani, M., 2008. Reverse Engineering and restyling of aesthetic products based on sketches interpretation. *Research in Engineering Design*, pp. 79-96.

Míguez, Á. J., 2011. La noción tipológica. En: *Fundamentos del Diseño Industrial*. s.l.:Editorial Universitaria de Buenos Aires, p. 64.

Oficina Española de Patentes y Marcas, s.f. *Bases de Datos de Diseños*. [En línea] Available at: https://www.oepm.es/es/Bases_de_Datos_Disenos.html

Ortiz Berrocal, L., 1998. Teorías acerca del comienzo de deformaciones no elásticas. En: *Elasticidad*. s.l.:Mc Graw Hill, pp. 467-508.

Secretaría General de Agricultura y Alimentación, 2018. *Cartografía de los invernaderos en Almería, Granada y Málaga*. s.l.:Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Shackelford, J. F., 2005. Capítulo 20. Selección de materiales. En: *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. s.l.:Pearson Educación, pp. 715-755.

SKF, 2020. *W 63806*. [En línea] Available at: <https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-W%2063806>

Torres, M., Paz, K. & Salazar, F. G., 2006. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Boletín electrónico*, Issue 2, pp. 1-13.

Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D., 2013. Manejo del proceso de Diseño Industrial. En: *Diseño y desarrollo de productos*. s.l.:Mc Graw Hill, pp. 221-223.

UNE Normalización Española, 1981. *Tornillos y tuercas de acero. Momentos de apriete*. s.l.:UNE.

UNE Normalización Española, 2003. *Seguridad de las carretillas de manutención. Carretillas de propulsión manual y semi-manual con operador a pie. Parte 3: Carretillas de plataforma*. s.l.:UNE.

UNE Normalización Española, 2014. *Productos planos laminados en caliente de acero de alto límite elástico para conformado en frío. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro para aceros en estado de laminado termomecánico*. s.l.:UNE.

UNE Normalización Española, 2014. *Tubos de acero sin soldadura para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 1: Tubos de acero no aleado con características especificadas a temperatura ambiente*. s.l.:UNE.

UNE Normalización Española, 2019. *Gestión de la calidad. Satisfacción del cliente. Directrices para el seguimiento y la medición*. s.l.:UNE.

Valera Martínez, D., Belmonte Ureña, L., Molina Aíz, F. & López Martínez, A., 2014. *Los invernaderos de Almería. Análisis de su tecnología y rentabilidad*. Almería: Cajamar Caja Rural.

van Rijswijk, C., 2018. World Vegetable Map 2018: More than Just a Local Affair.

ANEXOS

Anexo I. Tabla de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Distribución mundial de hectáreas de cultivo en invernadero (van Rijswijk, 2018) | 5 |
| Figura 2: Diagrama de flujo - Fases de resolución del trabajo técnico | 8 |
| Figura 3: Listado de ámbitos de trabajo desarrollados en el proyecto | 10 |
| Figura 4: Cronograma de distribución temporal | 10 |
| Figura 5: Tabla resumen de las competencias del Grado que se han empleado durante el desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado | 12 |
| Figura 6: Diagrama de Venn acerca de los roles en el Diseño Industrial | 14 |
| Figura 7: Conceptos de Diseño Industrial y metodologías que trabajan sobre los mismos | 14 |
| Figura 8: Cosechadora de tomates Guaresi G89/93 32", ©Guaresi S.p.A. | 21 |
| Figura 9: Carretillas de recolección en 2 niveles, básica con tablero DM en superficie y modelo básico. © David Gill Greenhouses | 23 |
| Figura 10: Carretilla de recolección y despique modular. ©FTEK | 23 |
| Figura 11: Modelo con vistas de detalle (módulos, ruedas y almacenamiento). © Berg Hortimotive | 24 |
| Figura 12: Modelo propuesto; en detalle, algunas de sus características. © BogaertsGL.com | 24 |
| Figura 13: Gama de carretillas ofertada. © Precimet H.C.E. | 25 |
| Figura 14: Vista explosionada de la carretilla. © Walzmatic | 25 |
| Figura 15: Carretillas de 2 plataformas y 1 plataforma. © Seomak Technology | 26 |
| Figura 16: Carros reforzado, de confección, 1 caja y tubo rail. © Carretillas Amate | 27 |
| Figura 17: Modelo de carro con mecanismo de giro. © IDM Agrometal | 27 |
| Figura 18: Modelo clásico con diferente tamaño de ruedas. © Pulytec Pulverización y Tecnología S.L. | 28 |
| Figura 19: Boceto de carretilla creado para la encuesta | 31 |
| Figura 20: Folleto informativo con enlace a la encuesta | 32 |
| Figura 21: Carretilla empleada para las mediciones | 35 |
| Figura 22: Diagrama FAST de las funciones determinadas | 38 |
| Figura 23: Elementos metálicos del modelo de partida | 39 |
| Figura 24: Otros elementos del modelo de partida | 39 |
| Figura 25: Ponderación de las evaluaciones procedentes del cliente potencial | 41 |
| Figura 26: Valoración porcentual de las características cuestionadas en el sondeo | 42 |
| Figura 27: Tabla de cálculo grados de satisfacción | 44 |
| Figura 28: Tabla resumen peso necesidades | 45 |
| Figura 29: Peso porcentual necesidades | 45 |
| Figura 30: Matriz necesidades vs. funciones | 47 |
| Figura 31: Matriz necesidades vs. funciones calculada | 48 |
| Figura 32: Importancia relativa de las funciones de la carretilla | 49 |
| Figura 33: Tabla resumen importancia relativa de las funciones de la carretilla | 49 |
| Figura 34: Matriz funciones vs. componentes | 51 |
| Figura 35: Matriz funciones vs. componentes calculada | 52 |
| Figura 36: Importancia relativa de los componentes de la carretilla | 53 |
| Figura 37: Tabla resumen importancia relativa de los componentes de la carretilla | 53 |
| Figura 38: Cálculo de los índices de valor de los componentes de la carretilla | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura 39: Representación gráfica de los índices de valor..... | 54 |
| Figura 40: Cultivos explotados por los agricultores consultados..... | 59 |
| Figura 41: Cajas modelo "europeo" © Ponienteplast..... | 60 |
| Figura 42: Representación de la pregunta "Marque su grado de conformidad con respecto a las siguientes afirmaciones acerca de la última carretilla que compró" | 61 |
| Figura 43: Representación de la pregunta "Si hoy fuese a comprar una carretilla y encontrase alguna de estas características en los modelos que ve, ¿qué grado de interés tendrían para usted?" | 62 |
| Figura 44: Detalle asas..... | 63 |
| Figura 45: Detalle ruedas | 63 |
| Figura 46: Detalle cesto..... | 63 |
| Figura 47: Estructura móvil..... | 63 |
| Figura 48: Diseño conceptual alternativa 1 | 65 |
| Figura 49: Diseño conceptual de la segunda alternativa | 65 |
| Figura 50: Boceto ilustrativo de la tercera alternativa | 66 |
| Figura 51: Alternativa 1 | 67 |
| Figura 52: Alternativa 1, vista desplegada | 67 |
| Figura 53: Alternativa 2..... | 68 |
| Figura 54: Alternativa 3..... | 69 |
| Figura 55: Alternativa 3, detalle sistema de dirección..... | 69 |
| Figura 56: Tabla ejemplo evaluación de criterios por importancia..... | 70 |
| Figura 57: Evaluación de criterios funcionales por importancia | 71 |
| Figura 58: Evaluación de criterios económicos por importancia | 71 |
| Figura 59: Evaluación de criterios de I+D por importancia..... | 71 |
| Figura 60: Evaluación de criterios de marketing por importancia..... | 71 |
| Figura 61: Evaluación de las alternativas mediante criterios funcionales | 71 |
| Figura 62: Evaluación de las alternativas mediante criterios económicos..... | 71 |
| Figura 63: Evaluación de las alternativas mediante criterios de I+D..... | 72 |
| Figura 64: Evaluación de las alternativas mediante criterios de marketing..... | 72 |
| Figura 65: Resultados del análisis multicriterio | 72 |
| Figura 66: Asa fija | 73 |
| Figura 67: Detalle de la zona de unión del asa fija al eje | 74 |
| Figura 68: Vista isométrica de la estructura de la plataforma..... | 75 |
| Figura 69: Eje..... | 77 |
| Figura 70: Vista isométrica de la caña del timón..... | 78 |
| Figura 71: Potencia..... | 79 |
| Figura 72: Parte del anclaje | 80 |
| Figura 73: Horquilla..... | 82 |
| Figura 74: Eje para la rueda..... | 83 |
| Figura 75: Plataforma base..... | 84 |
| Figura 76: Detalle hendiduras para anclar cajas a la plataforma base | 85 |
| Figura 77: Vista del timón..... | 86 |
| Figura 78: Vista de la llanta..... | 88 |
| Figura 79: Diseño del neumático | 89 |
| Figura 80: Detalle de las asas del cesto..... | 91 |
| Figura 81: Representación gráfica del flujo de análisis CAD-CAM de la carretilla..... | 92 |
| Figura 82: Modelado de la plataforma base, mallado y con la representación de las cargas aplicadas | 93 |
| Figura 83: Características de malla fina | 94 |
| Figura 84: Tensión máxima en el modelo original [MPa] (3,96%) | 94 |
| Figura 85: Desplazamiento máximo [mm] (52,09%) | 95 |

| | |
|---|-----|
| Figura 86: Trazado de percepción del diseño, donde se muestra la distribución de la carga en el sólido analizado..... | 95 |
| Figura 87: Estado tensional de la segunda versión [MPa] (18,77%)..... | 96 |
| Figura 88: Desplazamiento máximo en la segunda versión [mm] (56,72%)..... | 96 |
| Figura 89: Estado tensional de la tercera versión [MPa] (13,10%)..... | 98 |
| Figura 90: Desplazamiento máximo tercera versión [mm] (27,44%)..... | 98 |
| Figura 91: Parámetros de mallado..... | 99 |
| Figura 92: Modelado de la estructura de la plataforma..... | 99 |
| Figura 93: Estado tensional del diseño original [MPa] (295,72%)..... | 100 |
| Figura 94: Detalle de la zona de tensión máxima..... | 100 |
| Figura 95: Deformación del modelo [mm] (19,24%)..... | 100 |
| Figura 96: Trazado de percepción del diseño..... | 101 |
| Figura 97: Ejemplo de conector de tubos cruzados..... | 101 |
| Figura 98: Renderizado de la cartela a emplear..... | 102 |
| Figura 99: Simulación y resultado de tensiones de la segunda versión [MPa] (402,39%)..... | 102 |
| Figura 100: Detalle de la zona más tensionada..... | 103 |
| Figura 101: Estado tensional de la versión 3 [MPa] (46,08%)..... | 104 |
| Figura 102: Detalle de la zona más tensionada..... | 104 |
| Figura 103: Deformación de la versión 3 [mm] [6,49%]..... | 104 |
| Figura 104: Características de la tornillería empleada..... | 105 |
| Figura 105: Estado tensional de la segunda versión [MPa] (196,06%)..... | 106 |
| Figura 106: Estado de flexión de la versión 2 [mm] (62,60%)..... | 106 |
| Figura 107: Estado tensional individual de la plataforma base [MPa] (47,01%)..... | 107 |
| Figura 108: Estado tensional individual de la estructura de la plataforma [MPa] (196,06%)..... | 107 |
| Figura 109: Zona de máxima tensión..... | 107 |
| Figura 110: Modelado y cargas, revisión plataforma..... | 108 |
| Figura 111: Estado tensional plataforma base [MPa] (68,08%)..... | 109 |
| Figura 112: Detalle zona de máxima tensión [MPa] (81,41%)..... | 109 |
| Figura 113: Renderizado del soporte central..... | 110 |
| Figura 114: Parámetros de malla gruesa..... | 110 |
| Figura 115: Modelado de la tercera versión de la plataforma..... | 111 |
| Figura 116: Estado tensional de la perfilera metálica en la tercera versión de la plataforma [MPa] (34,37%)..... | 111 |
| Figura 117: Flexión máxima experimentada en la tercera versión [mm] (52,98%)..... | 112 |
| Figura 118: Trazado de cargas -percepción del diseño- para la tercera variante de la plataforma..... | 112 |
| Figura 119: Distribución de tensiones en el modelo modificado de cesto [MPa] (256,82%)..... | 113 |
| Figura 120: Análisis tensional segunda modificación del cesto [MPa] (84,08%)..... | 113 |
| Figura 121: Reacciones de la plataforma en la zona de la unión atornillada con el asa fija [N]..... | 115 |
| Figura 122: Parámetros de mallado fino..... | 115 |
| Figura 123: Análisis estático de tensiones del modelo original de asa fija [MPa] (1226,67%)..... | 115 |
| Figura 124: Estado tensional de la segunda versión del asa fija [MPa] (225%)..... | 116 |
| Figura 125: Distribución de tensiones tras el cambio de material [MPa] (76,42%)..... | 117 |
| Figura 126: Reacciones sobre los puntos de unión de la plataforma con el eje [N]..... | 118 |
| Figura 127: Reacciones en el componente asa fija [N]..... | 118 |
| Figura 128: Parámetros de malla fina..... | 119 |
| Figura 129: Estado tensional eje [MPa] (16,05%)..... | 119 |

| | |
|--|-----|
| Figura 130: Deformación en el modelo original de eje [mm] | 119 |
| Figura 131: Tornillería elegida para las uniones entre componentes estructurales..... | 120 |
| Figura 132: Modelado de la parte fija con las cargas y sujeciones pertinentes aplicadas . | 121 |
| Figura 133: Estado tensional de la parte fija [MPa] (59,79%)..... | 121 |
| Figura 134: Desplazamientos en el modelo de la parte fija [mm] | 122 |
| Figura 135: Parámetros de mallado fino | 122 |
| Figura 136: Estado tensional del diseño original del timón [MPa] (1369,39%) | 123 |
| Figura 137: Estado tensional de la segunda modificación del timón [MPa] (182,67%)..... | 123 |
| Figura 138: Desplazamientos en el segundo modelo de timón [mm]..... | 124 |
| Figura 139: Análisis tensional del tercer modelo de timón [MPa] (97,51%) | 124 |
| Figura 140: Desplazamientos del tercer modelo de timón [mm]..... | 125 |
| Figura 141: Reacciones en la parte de unión entre timón y caña [N] | 126 |
| Figura 142: Parámetros de mallado fino | 126 |
| Figura 143: Estado tensional modelo original de caña timón [MPa] (210,94%)..... | 126 |
| Figura 144: Resultado de tensiones del segundo modelo de caña timón [MPa] (163,23%) | 127 |
| Figura 145: Resultado de tensiones del tercer modelo de caña timón [MPa] (77,40%) | 128 |
| Figura 146: Reacciones en la caña del timón [N] | 129 |
| Figura 147: Reacciones en el soporte de la plataforma [N] | 129 |
| Figura 148: Rodamiento seleccionado y sus dimensiones | 130 |
| Figura 149: Modelo mallado y con las cargas y restricciones aplicadas | 131 |
| Figura 150: Estado tensional del conjunto [MPa] (88,58%) | 131 |
| Figura 151: Parámetros de mallado fino | 132 |
| Figura 152: Estado tensional del conjunto horquilla-eje [MPa] (56,36%) | 132 |
| Figura 153: Parámetros de malla muy gruesa | 133 |
| Figura 154: Modelado tridimensional del diseño definitivo y su equivalente mallado | 134 |
| Figura 155: Estado tensional de la carretilla; zona de tensión máxima [MPa] (94,78%) | 134 |
| Figura 156: Material de las piezas y estado tensional final | 135 |
| Figura 157: Filosofía de búsqueda de materiales | 136 |
| Figura 158: Proceso de selección de acero para perfilera | 137 |
| Figura 159: Proceso de selección material plataforma base/timón | 137 |
| Figura 160: Proceso de selección material cesto | 137 |
| Figura 161: Resumen de costes (operaciones incluidas) | 138 |
| Figura 162: Cálculo del PVP de la carretilla agrícola propuesta..... | 139 |
| Figura 163: Vista isométrica del producto final | 140 |
| Figura 164: Despiece de materiales de la carretilla | 141 |
| Figura 165: Vista angular de la carretilla | 142 |
| Figura 166: Respuestas identificadas por documento oficial | 150 |
| Figura 167: Género | 151 |
| Figura 168: Edad | 151 |
| Figura 169: Nivel de estudios | 152 |
| Figura 170: Ubicación..... | 153 |
| Figura 171: Cultivos trabajados | 153 |
| Figura 172: Mejoras para la finca | 154 |
| Figura 173: Certificaciones | 154 |
| Figura 174: Cajas usadas en la finca..... | 155 |
| Figura 175: Carretillas usadas en la finca | 155 |
| Figura 176: Compra de la última carretilla | 156 |
| Figura 177: Motivo de compra de la última carretilla..... | 157 |
| Figura 178: Grado de satisfacción | 158 |
| Figura 179: Grado de conformidad..... | 159 |

| | |
|--|-----|
| Figura 180: Valoración otros aspectos | 159 |
| Figura 181: Expectativa de vida útil..... | 160 |
| Figura 182: Interés en características..... | 160 |
| Figura 183: Sobrecoste asumible..... | 161 |
| Figura 184: Interés alternativas bocetadas..... | 162 |
| Figura 185: Grados de relevancia equivalentes..... | 163 |
| Figura 186: Contribución de las características a la cumplimentación de las diferentes necesidades..... | 165 |
| Figura 187: Obtención del peso de las necesidades en función de las características analizadas | 166 |
| Figura 188: Valor de importancia, en tanto por ciento, de las necesidades identificadas..... | 167 |
| Figura 189: Gama de aceros normalizados AISI (en rojo) dentro de la gama completa de metales..... | 169 |
| Figura 190: Mapa de Ashby con la gama de aceros válidos tras el filtrado | 169 |
| Figura 191: Propiedades del acero AISI 1010..... | 169 |
| Figura 192: Selección del material AISI 1045..... | 170 |
| Figura 193: Propiedades del acero AISI 1045 | 170 |
| Figura 194: Selección final del material de la perfilera metálica | 170 |
| Figura 195: Propiedades del acero YS550/S550MC..... | 171 |
| Figura 196: Vista general de la selección de materiales, con el ABS y derivados resaltados en amarillo | 171 |
| Figura 197: Mapa de Ashby en función de la masa por unidad de rigidez (ordenadas) y el precio por kilogramo (abscisas) | 172 |
| Figura 198: Propiedades material ABS (alto impacto, moldeo por inyección)..... | 172 |
| Figura 199: Representación gráfica de la selección de material finalista para el PVC | 173 |
| Figura 200: Propiedades del PVC rígido..... | 173 |
| Figura 201: Primera selección plástico para cesto | 173 |
| Figura 202: Propiedades del polipropileno | 174 |
| Figura 203: Selección del material para el cesto | 174 |
| Figura 204: Propiedades del polietileno MD | 174 |
| Figura 205: Mapa de selección SBR..... | 175 |
| Figura 206: Propiedades SBR..... | 175 |
| Figura 207: Lista de componentes, materiales, unidades, masa y operaciones realizadas a fabricar/modificar en planta | 176 |
| Figura 208: Lista de componentes de adquisición externa..... | 176 |
| Figura 209: Lista de operaciones manuales y unidad de medida..... | 176 |
| Figura 210: Resumen de precios (operaciones incluidas) componentes a fabricar..... | 177 |
| Figura 211: Resumen características operaciones | 177 |
| Figura 212: Precios finales componentes externos | 178 |
| Figura 213: Costes operacionales relativos al montaje y acabado de la carretilla..... | 178 |
| Figura 214: Coste del producto acabado..... | 178 |
| Figura 215: Cálculo del PVP, con BI del 20% y MM del 10%..... | 178 |

Anexo II. Análisis estadístico del estudio de mercado

Tamaño muestral N = 30

Tiempo medio en realizar la encuesta: 18 minutos

Orden de respuestas e identificación (Figura 166)

| Orden respuesta | ID cliente (DNI sin letra) |
|-----------------|----------------------------|
| 1 | 53711597 |
| 2 | 08905291 |
| 3 | 53152616 |
| 4 | 54095044 |
| 5 | 54099141 |
| 6 | 08904400 |
| 7 | 74711406 |
| 8 | 54202153 |
| 9 | 54118100 |
| 10 | 54119084 |
| 11 | 54119916 |
| 12 | 54102027 |
| 13 | 53714145 |
| 14 | 53713469 |
| 15 | 78034031 |
| 16 | 54095557 |
| 17 | 54118176 |
| 18 | 27250469 |
| 19 | 27497944 |
| 20 | 27514609 |
| 21 | 78030712 |
| 22 | 32648651 |
| 23 | 72765917 |
| 24 | 75712238 |
| 25 | 54139121 |
| 26 | 10221438 |
| 27 | 54143774 |
| 28 | 54101147 |
| 29 | 09186450 |
| 30 | 09571559 |

Figura 166: Respuestas identificadas por documento oficial

Bloque I (Preguntas generales, clasificación de la muestra)

Género (Figura 167)

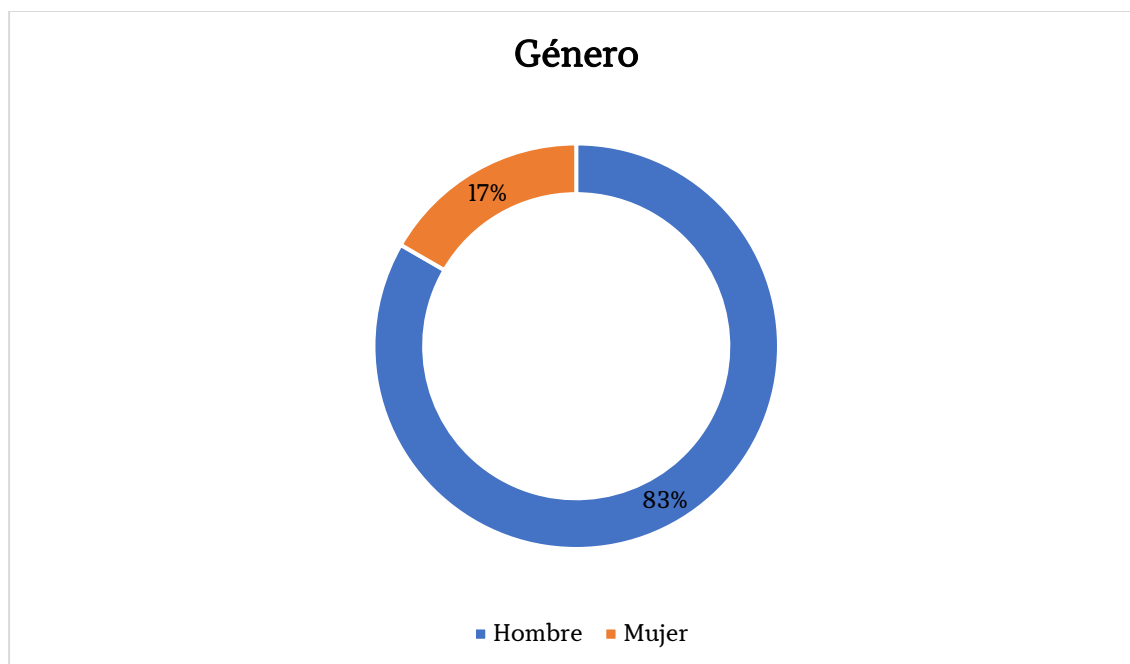


Figura 167: Género

Edad (Figura 168)

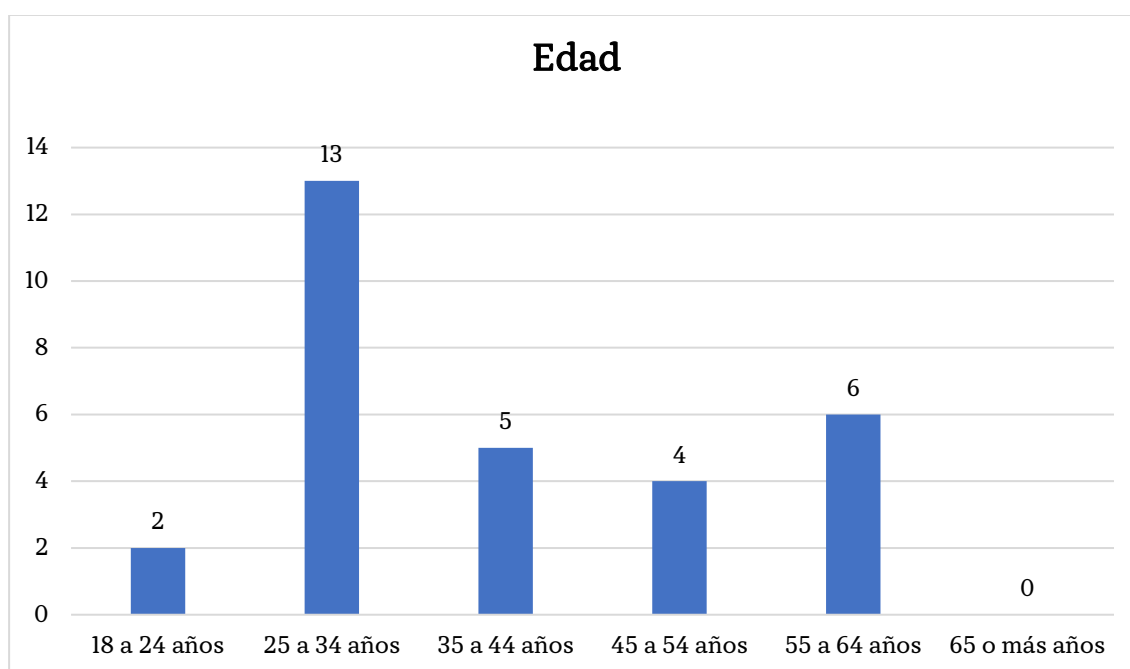


Figura 168: Edad

Nivel de estudios (Figura 169)

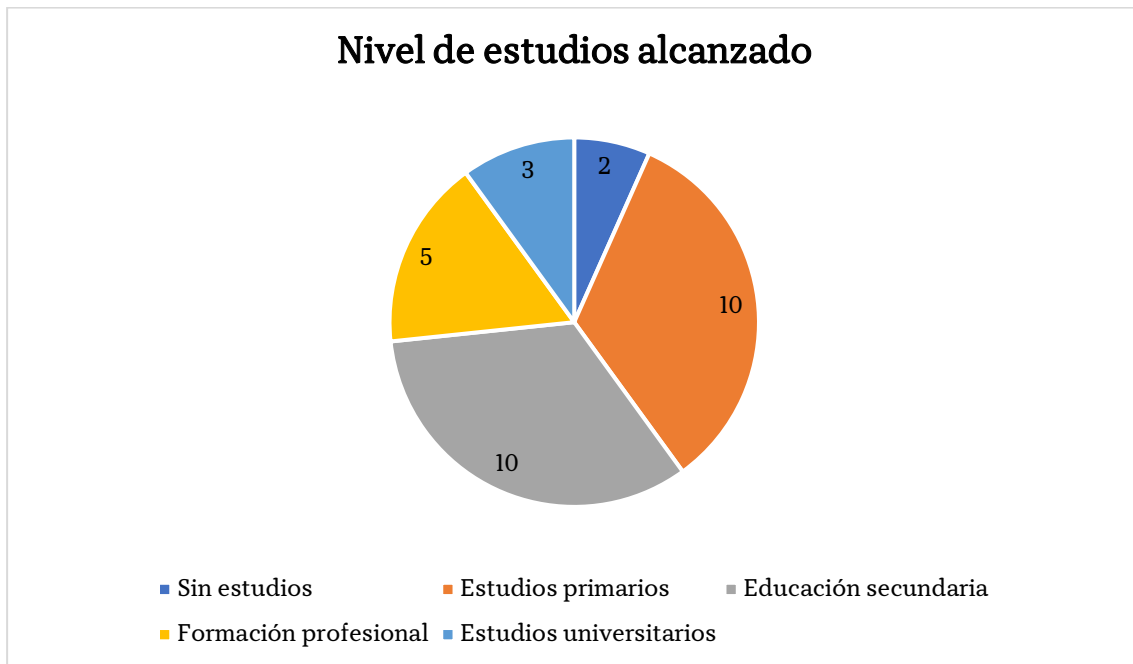


Figura 169: Nivel de estudios

Años de experiencia en la agricultura

Para la muestra $N = 30$ se calculan su valor medio (\bar{x}), varianza (s^2) y desviación estándar (s), así como quedarán reflejados los valores máximos/mínimo.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 13,60$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 138,94$$

$$s = \sqrt{s^2} = 11,79$$

$$x_{(máx)} = 40$$

$$x_{(mín)} = 1$$

Superficie de terreno trabajada (en m^2)

Para la muestra $N = 30$ se calculan su valor medio (\bar{x}), varianza (s^2) y desviación estándar (s), así como quedarán reflejados los valores máximos/mínimo.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 10660$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 81426620,69$$

$$s = \sqrt{s^2} = 9023,67$$

$$x_{(máx)} = 50000$$

$$x_{(mín)} = 1500$$

Comarca donde se ubica el terreno (Figura 170)

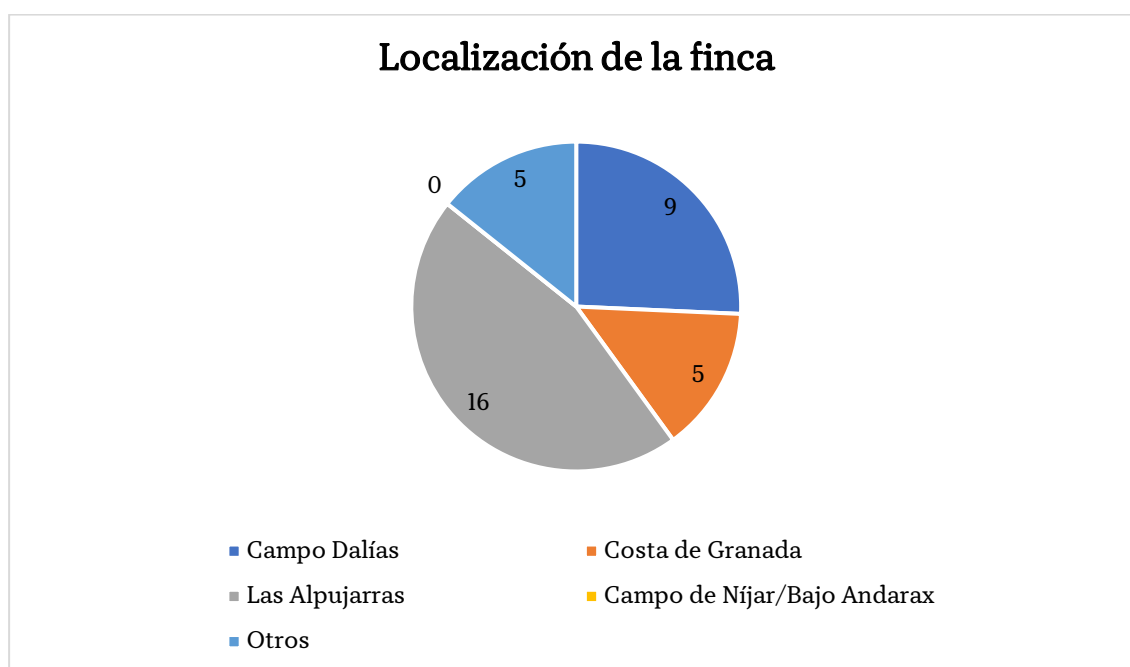


Figura 170: Ubicación

Cultivos trabajados en la finca (Figura 171)



Figura 171: Cultivos trabajados

Inversión en mejoras para la finca durante los últimos 5 años (Figura 172)

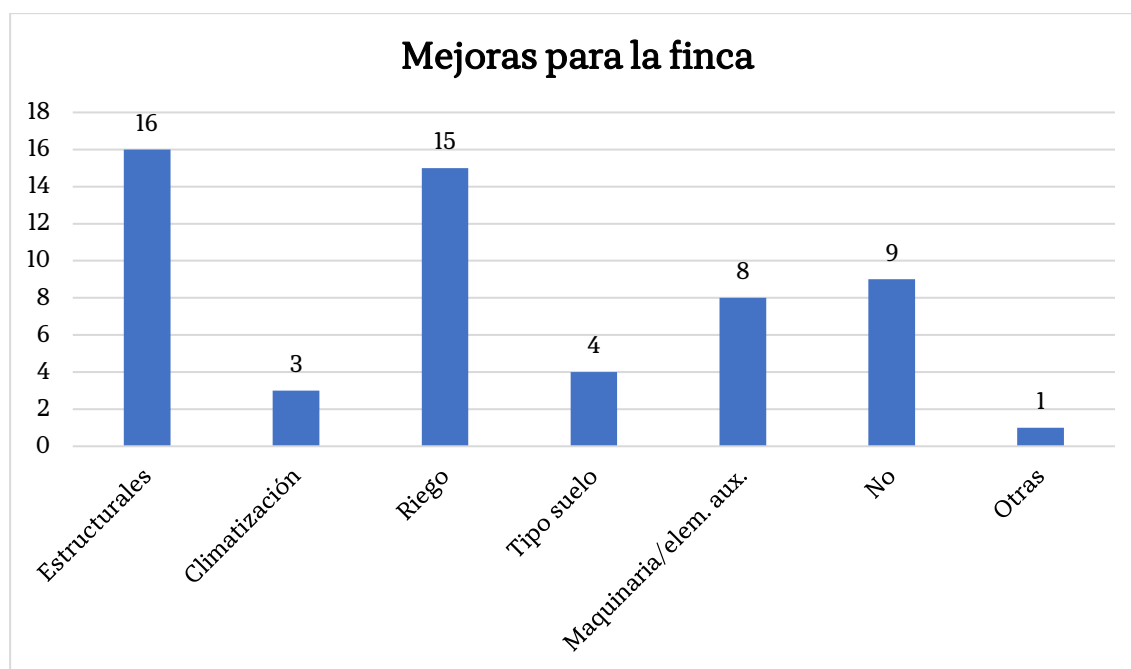


Figura 172: Mejoras para la finca

Certificaciones a las que se acoge en su(s) cultivo(s) (Figura 173)

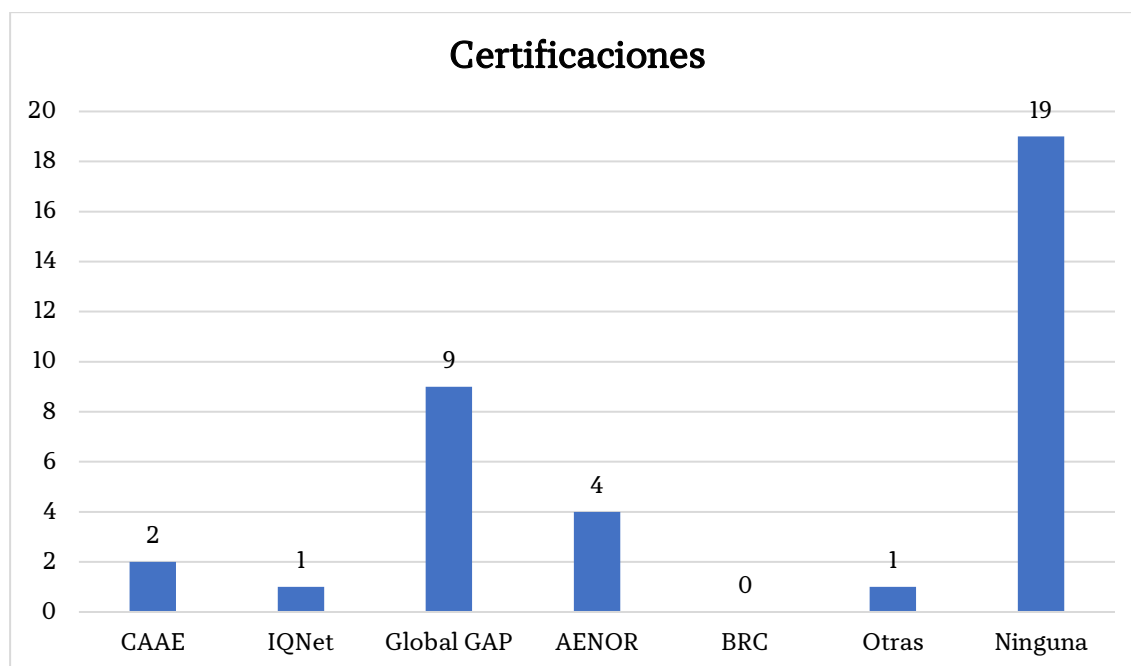


Figura 173: Certificaciones

Bloque II (recolección y transporte dentro de la finca)

Tipo de caja de uso normal en la finca (Figura 174)

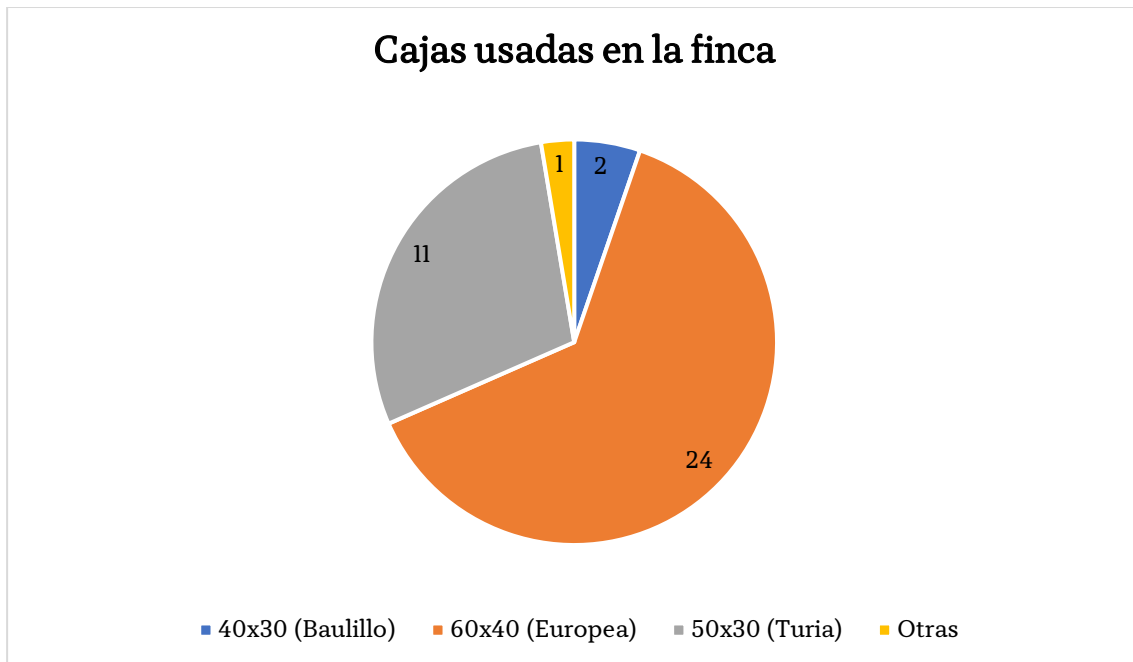


Figura 174: Cajas usadas en la finca

Tipo de carretilla de recolección empleada (Figura 175)

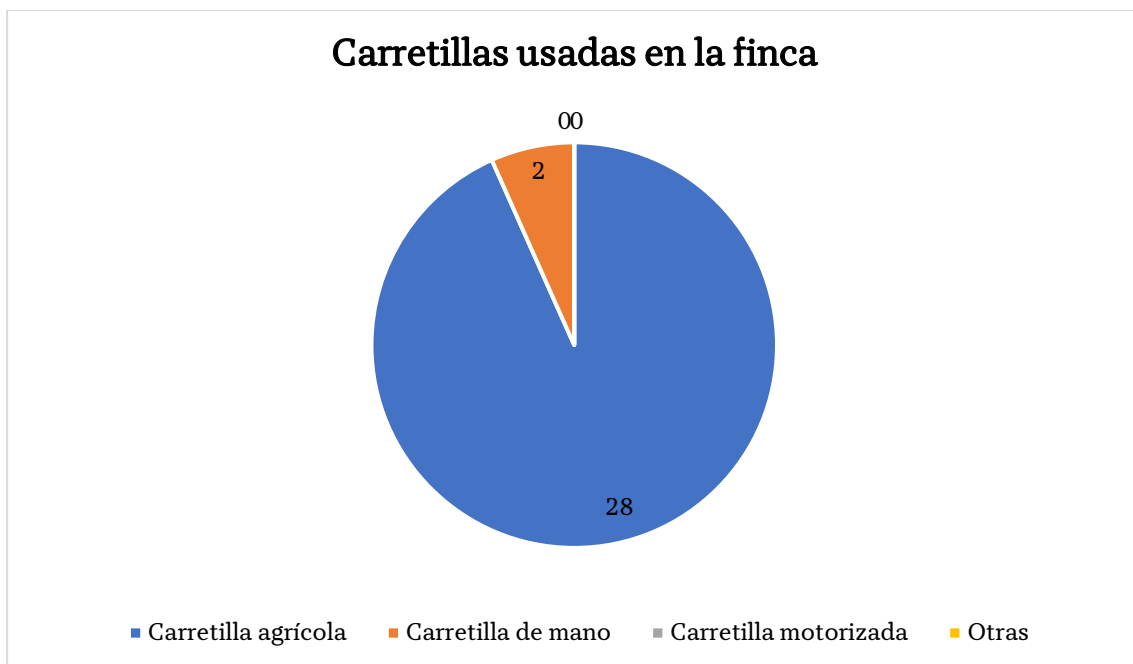


Figura 175: Carretillas usadas en la finca

Número de cajas que permite transportar la carretilla (al mismo tiempo)

Para la muestra $N = 30$ se calculan su valor medio (\bar{x}), varianza (s^2) y desviación estándar (s), así como quedarán reflejados los valores máximos/mínimo.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 4,07$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n - 1} = 3,86$$

$$s = \sqrt{s^2} = 1,96$$

$$x_{(máx)} = 8$$

$$x_{(mín)} = 1$$

Número de carretillas disponibles en su finca

Para la muestra N = 30 se calculan su valor medio (\bar{x}), varianza (s^2) y desviación estándar (s), así como quedarán reflejados los valores máximos/mínimo.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 4,90$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n - 1} = 6,16$$

$$s = \sqrt{s^2} = 2,48$$

$$x_{(máx)} = 12$$

$$x_{(mín)} = 2$$

Tiempo transcurrido desde la adquisición de su última carretilla (Figura 176)

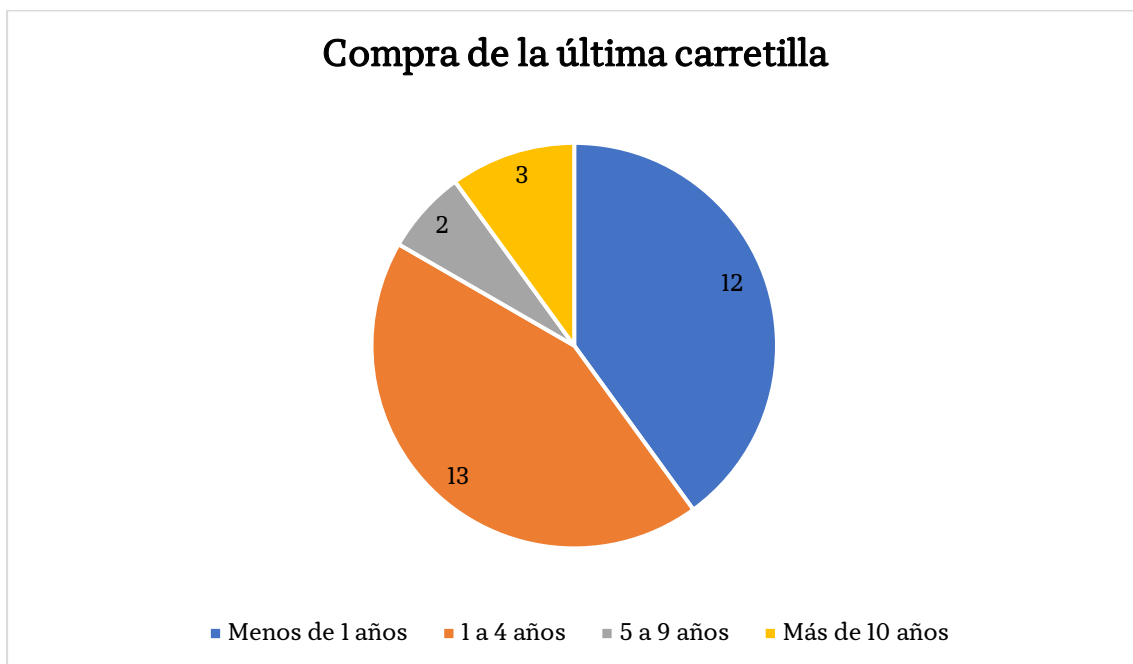


Figura 176: Compra de la última carretilla

Motivo de compra de su última carretilla (Figura 177)

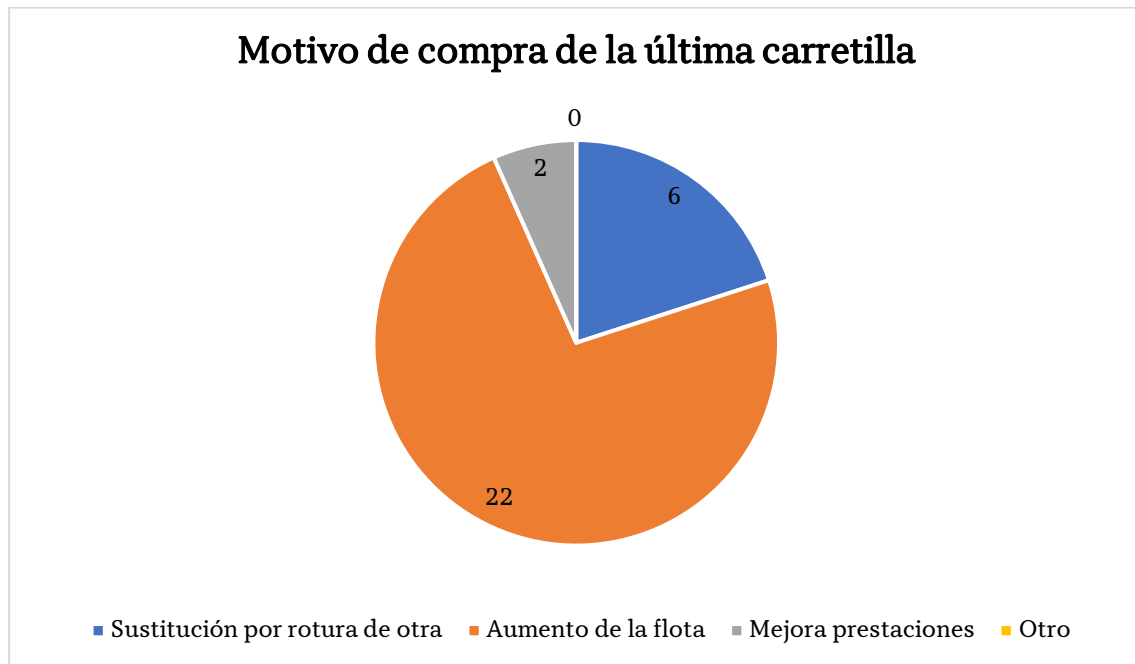


Figura 177: Motivo de compra de la última carretilla

Precio de coste de su última carretilla

Para la muestra $N = 30$ se calculan su valor medio (\bar{x}), varianza (s^2) y desviación estándar (s), así como quedarán reflejados los valores máximos/mínimo.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 58,33$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 176,44$$

$$s = \sqrt{s^2} = 13,28$$

$$x_{(máx)} = 90$$

$$x_{(mín)} = 40$$

Grado de satisfacción con respecto a una serie de aspectos relativos a la última carretilla adquirida (Figura 178)

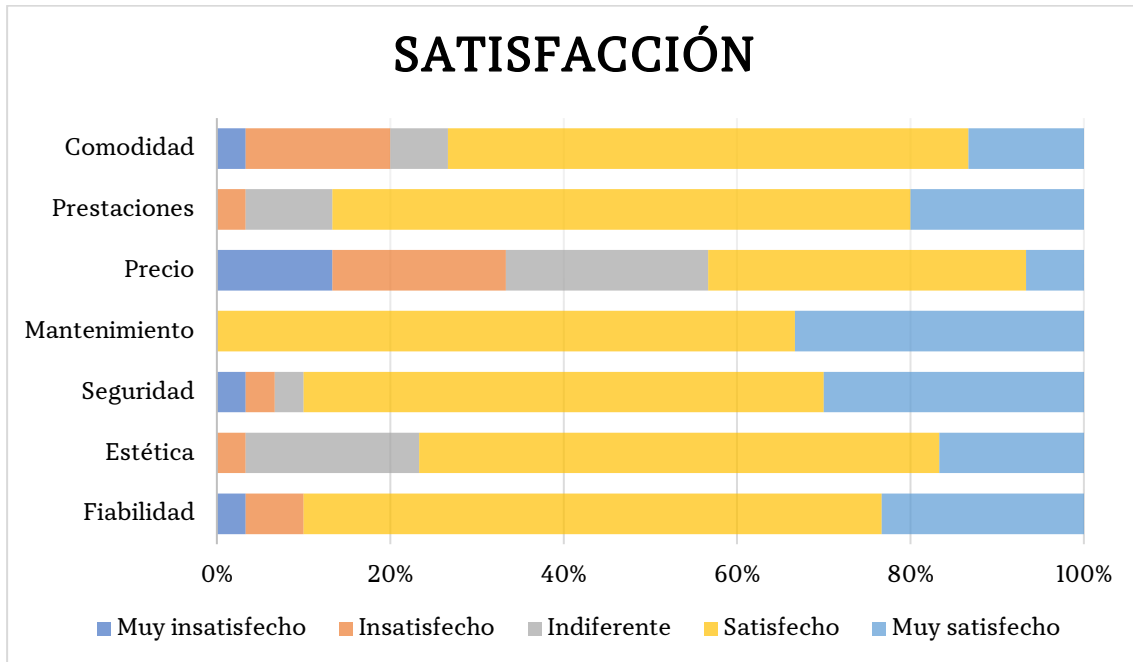


Figura 178: Grado de satisfacción

Relación calidad-precio de la última carretilla que compró

Para la muestra $N = 30$ se calculan su valor medio (\bar{x}), varianza (s^2) y desviación estándar (s), así como quedarán reflejados los valores máximos/mínimo.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 6,70$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 1,46$$

$$s = \sqrt{s^2} = 1,21$$

$$x_{(máx)} = 9$$

$$x_{(mín)} = 4$$

Grado de conformidad con respecto a una serie de afirmaciones referentes a la última carretilla adquirida (Figura 179)

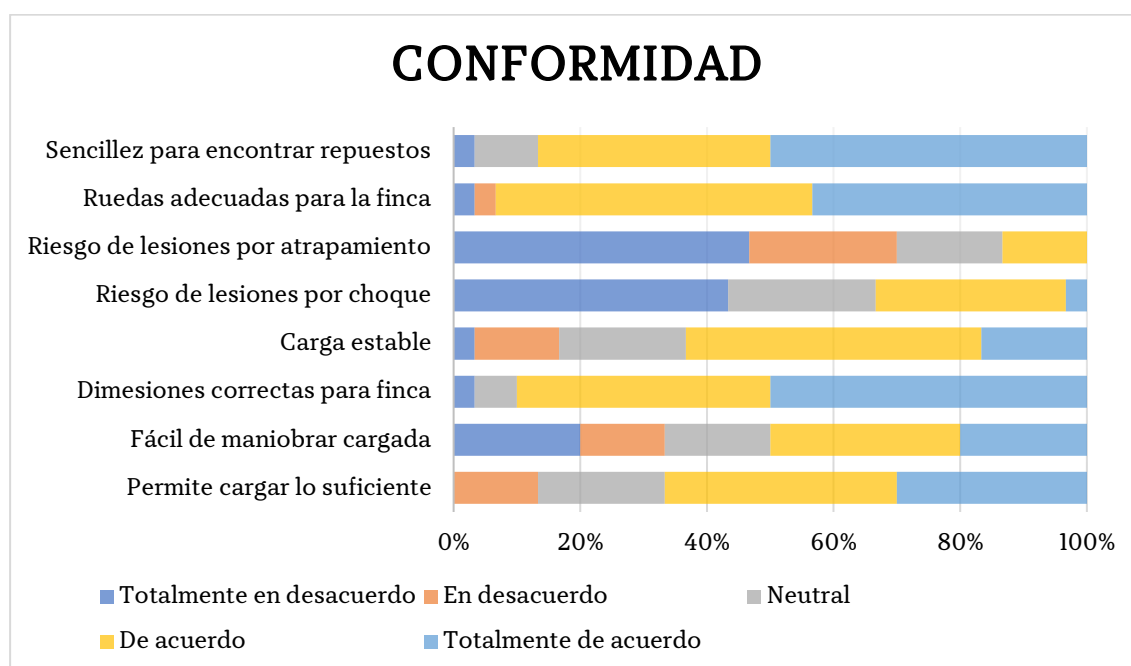


Figura 179: Grado de conformidad

Afirmación/negación de aspectos relativos al producto (Figura 180)

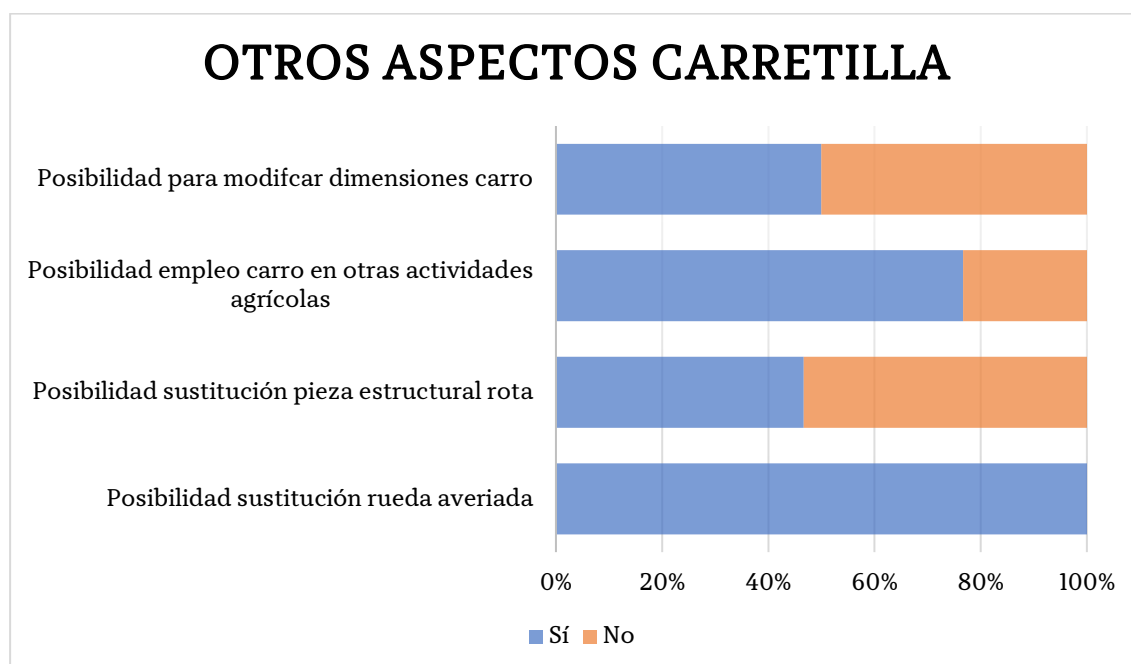


Figura 180: Valoración otros aspectos

Expectativas de vida útil de la carretilla (Figura 181)

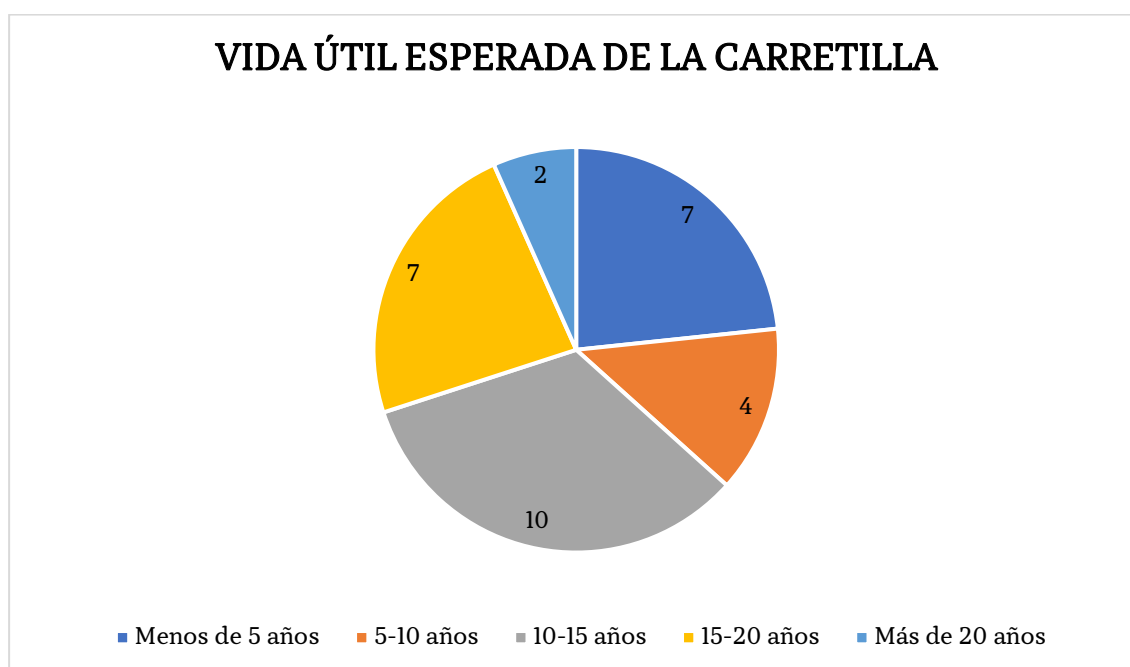


Figura 181: Expectativa de vida útil

Bloque III (sondeo de posibles puntos de mejora)

Grado de interés en una serie de características aplicables a una carretilla agrícola (Figura 182)

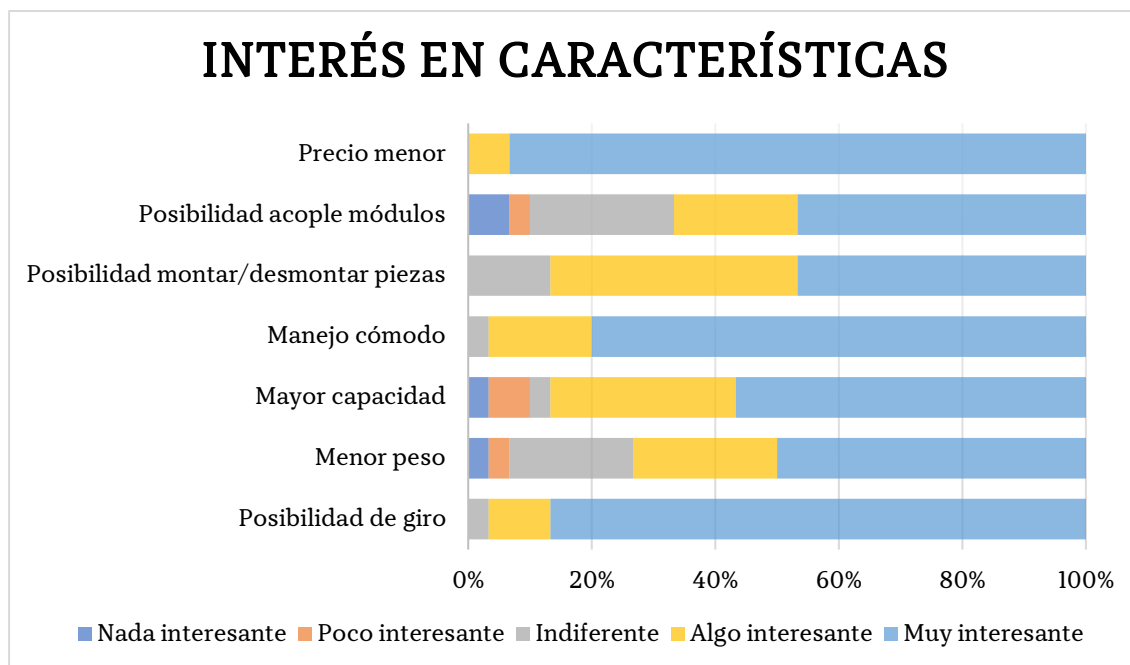


Figura 182: Interés en características

Pregunta de respuesta abierta sobre mejoras no listadas durante la confección de la encuesta. Se comentan las siguientes mejoras susceptibles de ser estudiadas:

- Un tipo de plataforma de apoyo que ayude al agricultor a recolectar el género de plantas altas

- Mayor anchura
- Inclusión de un recipiente para guardar herramientas de trabajo
- Incorporación de un sistema de frenado
- Inclusión de un soporte para botes pequeños que permita actuaciones locales durante la recolección, limpieza de herramientas, etc.
- Sistema bloqueante para las ruedas

Sobrecoste asumible para un producto de alta satisfacción (Figura 183)

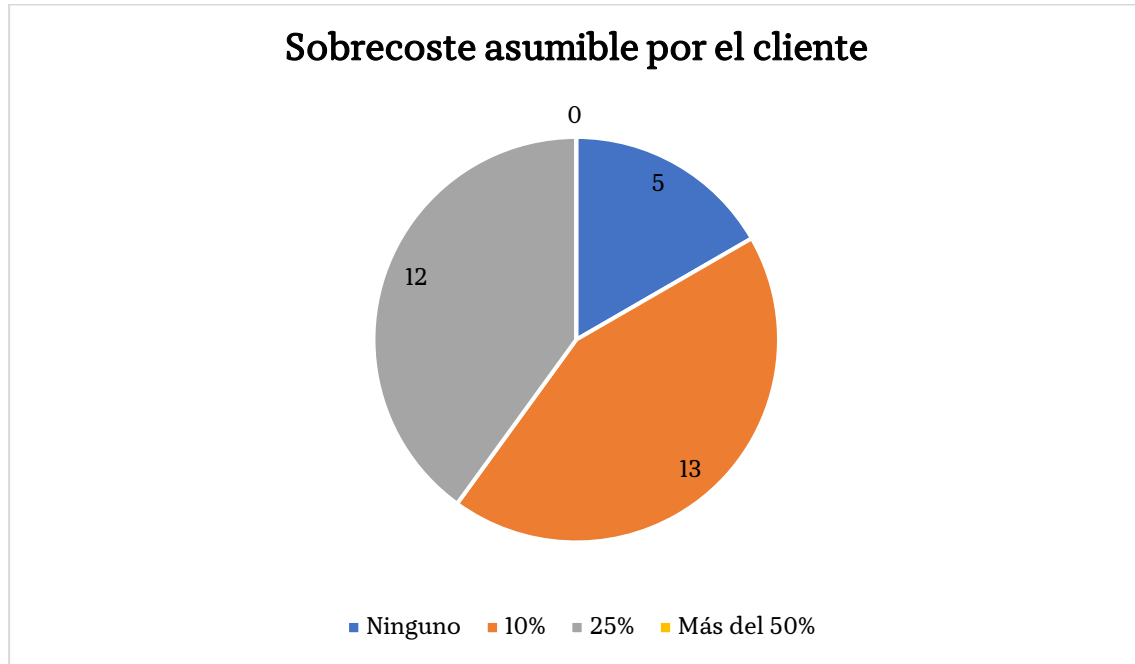


Figura 183: Sobrecoste asumible

Grado de interés boceto preliminar: disposición y forma de las asas

Para la muestra $N = 30$ se calculan su valor medio (\bar{x}), varianza (s^2) y desviación estándar (s), así como quedarán reflejados los valores máximos/mínimo.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 5,00$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 10,14$$

$$s = \sqrt{s^2} = 3,18$$

$$x_{(máx)} = 10$$

$$x_{(mín)} = 0$$

Grado de interés boceto preliminar: disposición y funcionalidades de las ruedas

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 6,90$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 9,12$$

$$s = \sqrt{s^2} = 3,02$$

$$x_{(máx)} = 10$$

$$x_{(min)} = 0$$

Grado de interés boceto preliminar: cesto retirable para desechos o material

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 8,53$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 4,12$$

$$s = \sqrt{s^2} = 2,03$$

$$x_{(máx)} = 10$$

$$x_{(min)} = 0$$

Grado de interés boceto preliminar: estructura móvil

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 7,53$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = 6,81$$

$$s = \sqrt{s^2} = 2,61$$

$$x_{(máx)} = 10$$

$$x_{(min)} = 0$$

Comparativa gráfica interés en boceto preliminar (Figura 184)

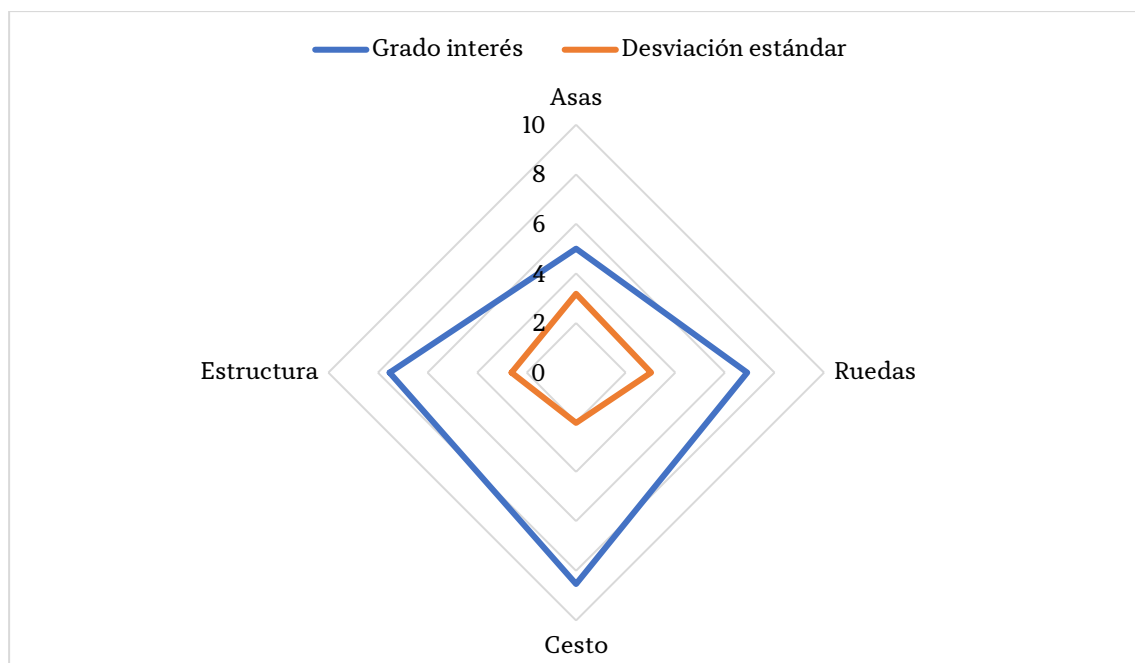


Figura 184: Interés alternativas bocetadas

Anexo III. Evaluación de la importancia relativa de las necesidades identificadas

FASE I – Graduación previa de características según estudio de mercado (Figura 185)

| Grado | Equivalencias | | | Peso |
|-------|------------------|--------------------------|------------------|-------|
| 5 | Muy satisfecho | Totalmente de acuerdo | Muy interesante | + 1 |
| 4 | Satisfecho | De acuerdo | Algo interesante | + 0,5 |
| 3 | Indiferente | Neutral | Indiferente | 0 |
| 2 | Insatisfecho | En desacuerdo | Poco interesante | - 0,5 |
| 1 | Muy insatisfecho | Totalmente en desacuerdo | Nada interesante | - 1 |

Figura 185: Grados de relevancia equivalentes

- *Fórmula empleada para calcular la graduación previa*

$$\text{Valoración (\%)} = \frac{(1 \cdot G5) + (0,5 \cdot G4) + (-0,5 \cdot G2) + (-1 \cdot G1)}{30} \cdot 100$$

- *Grado de satisfacción con el producto actual, en materia de...*

Fiabilidad

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 7) + (0,5 \cdot 20) + (-0,5 \cdot 2) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 50,00 \%$$

Estética

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 5) + (0,5 \cdot 18) + (-0,5 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 45,00 \%$$

Seguridad

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 9) + (0,5 \cdot 18) + (-0,5 \cdot 1) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 55,00 \%$$

Mantenimiento

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 10) + (0,5 \cdot 20)}{30} \cdot 100 = 66,67 \%$$

Precio

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 2) + (0,5 \cdot 11) + (-0,5 \cdot 6) + (-1 \cdot 4)}{30} \cdot 100 = 1,67 \%$$

Prestaciones

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 6) + (0,5 \cdot 20) + (-0,5 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 51,67 \%$$

Comodidad

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 4) + (0,5 \cdot 18) + (-0,5 \cdot 5) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 31,67 \%$$

- *Grado de conformidad con el producto actual, en materia de...*

Permite cargar lo suficiente

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 9) + (0,5 \cdot 11) + (-0,5 \cdot 4)}{30} \cdot 100 = 41,67 \%$$

Es fácil de maniobrar en carga

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 6) + (0,5 \cdot 9) + (-0,5 \cdot 4) + (-1 \cdot 6)}{30} \cdot 100 = 8,33 \%$$

Sus dimensiones son adecuadas para no dañar la línea de cultivo

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 15) + (0,5 \cdot 12) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 66,67 \%$$

La carga se mantiene estable

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 5) + (0,5 \cdot 14) + (-0,5 \cdot 4) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 30,00 \%$$

Existe riesgo de lesiones por choque

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 1) + (0,5 \cdot 9) + (-1 \cdot 13)}{30} \cdot 100 = -25,00 \%$$

Existe riesgo de lesiones por atrapamiento

$$\text{Valoración} = \frac{(0,5 \cdot 4) + (-0,5 \cdot 7) + (-1 \cdot 14)}{30} \cdot 100 = -51,67 \%$$

Las ruedas son adecuadas para el tipo de finca

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 13) + (0,5 \cdot 15) + (-0,5 \cdot 1) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 63,33 \%$$

Es sencillo encontrar repuestos en caso de avería

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 15) + (0,5 \cdot 11) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 65,00 \%$$

- *Grado de interés en una serie de características de posible inclusión, tales como...*

Posibilidad de giro

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 26) + (0,5 \cdot 3)}{30} \cdot 100 = 91,67 \%$$

Menor peso

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 15) + (0,5 \cdot 7) + (-0,5 \cdot 1) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 56,67 \%$$

Mayor capacidad de carga

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 17) + (0,5 \cdot 9) + (-0,5 \cdot 2) + (-1 \cdot 1)}{30} \cdot 100 = 65,00 \%$$

Manejo más cómodo

$$\text{Valoración} = \frac{(1 \cdot 24) + (0,5 \cdot 5)}{30} \cdot 100 = 88,33 \%$$

Posibilidad de montaje/desmontaje fácil de partes del carro

$$Valoración = \frac{(1 \cdot 14) + (0,5 \cdot 12)}{30} \cdot 100 = 66,67 \%$$

Posibilidad de acoplar elementos auxiliares al carro

$$Valoración = \frac{(1 \cdot 14) + (0,5 \cdot 6) + (-0,5 \cdot 1) + (-1 \cdot 2)}{30} \cdot 100 = 48,33 \%$$

Precio menor

$$Valoración = \frac{(1 \cdot 28) + (0,5 \cdot 2)}{30} \cdot 100 = 96,67 \%$$

FASE II – Obtención del peso de cada necesidad en función del cumplimiento de las características propias de la carretilla

En este caso, la idea es obtener una serie de valores a partir del aporte de la característica estudiada para cumplimentar la necesidad evaluada mediante las fórmulas que siguen:

$$N - C_1 = (1 - Valoración) \cdot \frac{Importancia}{10}$$

$$N - C_2 = (Valoración) \cdot \frac{Importancia}{10}$$

En la tabla que se refleja bajo estas líneas (Figura 186), se puede ver la relación entre la característica evaluada y dicha importancia en términos numéricos (del 1 al 10, más a menos importante) a la hora de cumplir la necesidad (listadas del I al IX)

| Característica | Necesidad | | | | | | | | |
|---|-----------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| Satisfacción con fiabilidad actual | | | | 8 | | | 10 | | 4 |
| Satisfacción con estética actual | | | | | | | 4 | | |
| Satisfacción con seguridad actual | | | | | 10 | | | | 5 |
| Satisfacción con mantenimiento actual | | 8 | | 10 | | 4 | | | |
| Satisfacción con precio actual | | 6 | | 4 | | 10 | 3 | | |
| Satisfacción con prestaciones actuales | 2 | | 8 | | | | 2 | 8 | |
| Satisfacción con comodidad actual | 10 | | | | | | | | 6 |
| Conformidad con carga suficiente actual | 4 | | | | | | 4 | | 4 |
| Conformidad con maniobrabilidad carretilla cargada actual | 10 | | | | 2 | | | | 6 |
| Conformidad con dimensiones actuales | | | | | | | | 10 | |
| Conformidad con estabilidad carga actual | | | | | 6 | | 2 | | 10 |
| Conformidad con riesgo choques actual | | | | | 8 | | | | |
| Conformidad con riesgo atrapamientos actual | | | | | 8 | | | | |
| Conformidad con adecuación ruedas actuales | 8 | | | | | | | | |
| Conformidad con facilidad encontrar repuestos actuales | | 8 | | 8 | | 2 | | | |
| Interés posibilidad giro | 8 | | | | | | | | |
| Interés posibilidad menor peso | 6 | | | | | | 2 | | |
| Interés posibilidad mayor capacidad | | | | | | | 2 | 6 | 2 |
| Interés posibilidad maniobrabilidad más fácil | 10 | | | | | | | | 6 |
| Interés posibilidad carretilla modular | | 6 | 4 | 4 | | 4 | | | |
| Interés posibilidad módulos adicionales | 6 | 2 | 8 | | | | | 4 | |
| Interés precio menor | | 6 | | 4 | | 10 | 2 | | |

Figura 186: Contribución de las características a la cumplimentación de las diferentes necesidades

- **NOTA1:** En rojo, aquellas características que afectan negativamente a la necesidad analizada
- **NOTA2:** Lista de necesidades

| | |
|--------------------------------------|--|
| NECESIDAD I. Ergonomía | NECESIDAD II. Estandarización del diseño |
| NECESIDAD III. Versatilidad | NECESIDAD IV. Mantenimiento sencillo |
| NECESIDAD V. Seguridad | NECESIDAD VI. Bajo coste |
| NECESIDAD VII. Materiales de calidad | NECESIDAD VIII. Tamaño flexible |
| NECESIDAD IX. Robustez y estabilidad | |

Ya evaluada numéricamente la importancia de cada necesidad, se procede a aplicar el cálculo numérico empleando las dos fórmulas anteriormente presentadas (Figura 187):

| Característica | Necesidad | | | | | | | | |
|---|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| Satisfacción con fiabilidad actual | | | | 0,400 | | | 0,500 | | 0,200 |
| Satisfacción con estética actual | | | | | | | 0,220 | | |
| Satisfacción con seguridad actual | | | | | 0,450 | | | | 0,225 |
| Satisfacción con mantenimiento actual | | 0,267 | | 0,333 | | 0,133 | | | |
| Satisfacción con precio actual | | 0,590 | | 0,393 | | 0,983 | -0,295 | | |
| Satisfacción con prestaciones actuales | 0,097 | | 0,387 | | | | 0,097 | 0,387 | |
| Satisfacción con comodidad actual | 0,683 | | | | | | | | 0,410 |
| Conformidad con carga suficiente actual | 0,233 | | | | | | 0,233 | | 0,233 |
| Conformidad con maniobrabilidad carretilla cargada actual | 0,917 | | | | 0,183 | | | | 0,550 |
| Conformidad con dimensiones actuales | | | | | | | | 0,332 | |
| Conformidad con estabilidad carga actual | | | | | 0,420 | | 0,140 | | 0,700 |
| Conformidad con riesgo choques actual | | | | | 0,200 | | | | |
| Conformidad con riesgo atrapamientos actual | | | | | -0,413 | | | | |
| Conformidad con adecuación ruedas actuales | 0,293 | | | | | | | | |
| Conformidad con facilidad encontrar repuestos actuales | | 0,280 | | 0,280 | | 0,070 | | | |
| Interés posibilidad giro | 0,733 | | | | | | | | |
| Interés posibilidad menor peso | 0,340 | | | | | | 0,113 | | |
| Interés posibilidad mayor capacidad | | | | | | | 0,130 | 0,390 | 0,130 |
| Interés posibilidad maniobrabilidad más fácil | 0,883 | | | | | | | | 0,530 |
| Interés posibilidad carretilla modular | | 0,400 | 0,267 | 0,267 | | 0,267 | | | |
| Interés posibilidad módulos adicionales | 0,290 | 0,097 | 0,387 | | | | | 0,193 | |
| Interés precio menor | | 0,58 | | 0,387 | | 0,967 | -0,193 | | |

Figura 187: Obtención del peso de las necesidades en función de las características analizadas

- **NOTA:** En rojo, se aplica la fórmula N-C₁. En verde, es de aplicación la fórmula N-C₂

FASE III – Obtención un valor porcentual de importancia de cada necesidad identificada (Figura 188)

$$N_i = \sum N_i$$

$$Necesidad i (\%) = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^9 N_i} \cdot 100$$

| Necesidad | Sumatoria | Peso total (%) |
|-----------|-----------|----------------|
| I | 4,469 | 25,38 |
| II | 2,214 | 12,57 |
| III | 1,041 | 5,91 |
| IV | 2,060 | 11,70 |
| V | 0,440 | 2,50 |
| VI | 2,420 | 13,74 |
| VII | 0,945 | 5,37 |
| VIII | 1,302 | 7,39 |
| IX | 2,718 | 15,44 |

Figura 188: Valor de importancia, en tanto por ciento, de las necesidades identificadas

Anexo IV. Selección de materiales

En el siguiente anexo se detalla el procedimiento llevado a cabo para la selección de los materiales empleados para los distintos componentes de la carretilla.

- Elementos de perfilería metálica

A la hora de seleccionar el material para los elementos de perfilería metálica de a emplear durante el desarrollo de los análisis de comprobación técnico-mecánica del proyecto, se debe estimar cuál o cuáles de los parámetros característicos de estos serán de mayor relevancia durante el proceso.

En este caso, al fundamentar el análisis técnico del proyecto en una comprobación estática del ensamblaje, se cree oportuno establecer que el parámetro de mayor influencia será el límite elástico del material, esto es, el valor de tensión máximo a partir del cual las deformaciones sufridas por este son permanentes. Dentro de otros factores a tener en cuenta a la hora de realizar una selección preliminar del material se contempla la procesabilidad de este (el material debe tener unas buenas propiedades de soldabilidad, mecanizado), su ductilidad (capacidad de deformarse plásticamente sin sufrir desperfectos estructurales -especialmente interesante para el doblado de los perfiles-), y como elementos propios del trabajo, que su coste sea mínimo asegurando las propiedades, y que sea recuperable para reciclado al final de su ciclo de vida.

Por su naturaleza de aplicación de tipo mecánico (pues se trata de un conjunto de partes estructurales con movimiento), se hace una primera elección dentro de la familia de aceros al carbono tratados térmicamente; dentro de este tipo de aceros existe una amplia gama de estandarizaciones ofrecidas por distintas entidades de investigación y/o comercialización. Por su amplia gama de variantes y su uso extendido en construcciones mecánicas, se empleará la clasificación del Instituto americano del hierro y del acero, más conocida por su acrónimo anglosajón AISI.

Por tanto, se estima que el material debe tener un límite elástico mínimo de 150 MPa, buenas propiedades de conformado y moldeo en frío, soldabilidad aceptable y capacidad de ser reciclado (Figura 189).

Se representan los materiales en los mapas de Ashby adjuntos en función de su límite elástico (en el eje de ordenadas) y su coste por unidad de masa en las abscisas (Figura 190). Dentro de la familia de aceros AISI no existe demasiada información con respecto al coste de los distintos tratamientos térmicos que se le realizan, por lo que se decide decantarse por el primero de ellos que cumple con los requisitos mínimos (acero al carbono AISI 1010 recocido, Figura 191).

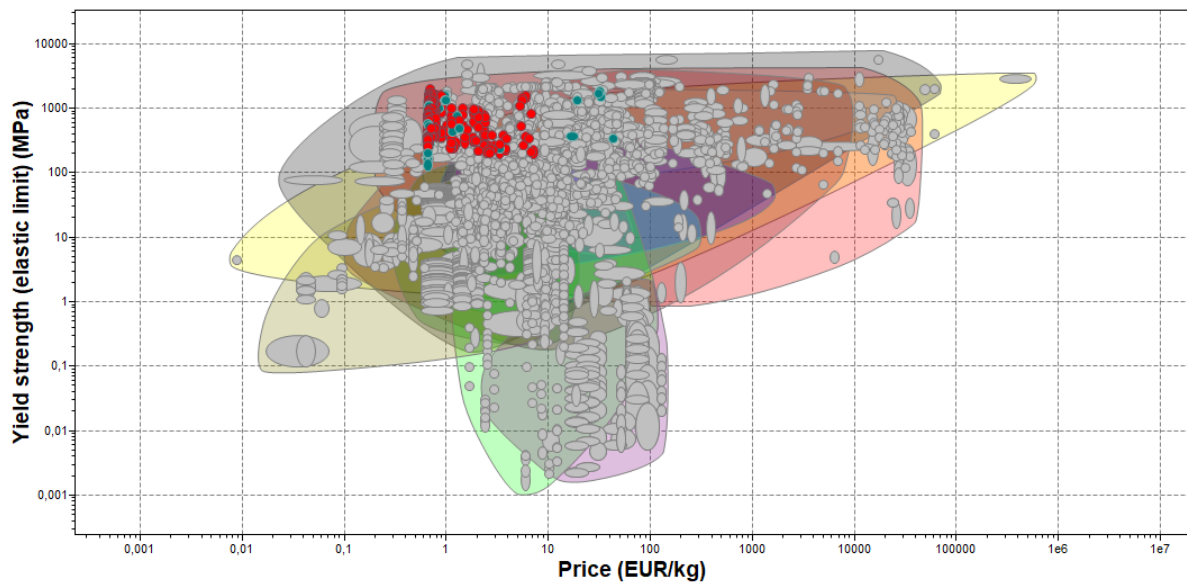


Figura 189: Gama de aceros normalizados AISI (en rojo) dentro de la gama completa de metales

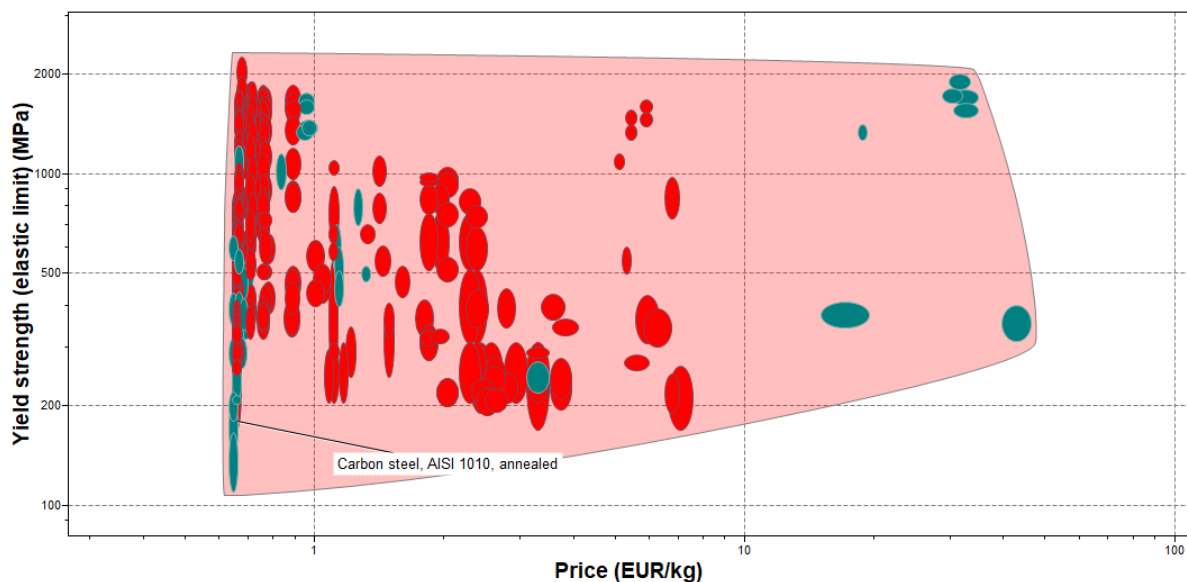


Figura 190: Mapa de Ashby con la gama de aceros válidos tras el filtrado

| | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Material | Acero al carbono recocido AISI 1010 |
| Contenido en carbono | 0,10% |
| Módulo elástico [GPa] | 210 |
| Módulo cizalladura [GPa] | 82 |
| Límite elástico [MPa] | 180 |
| Coste [€/kg] | 0,655 |

Figura 191: Propiedades del acero AISI 1010

Segunda iteración

Debido a vicisitudes propias del diseño, se llegó a un punto en el que lo más conveniente era realizar un cambio del material. La única propiedad que modificar es el módulo elástico, que por simulación del sólido debía de ser, al menos, de 405 MPa. Realizando un filtrado similar al inicial, quedan menos materiales para mostrar y comparar como cabía esperar.

Al igual que en el caso anterior, la base de datos no distingue precios entre materiales con distinto tratamiento, así que se acude al primero que cumple (Figuras 192-193).

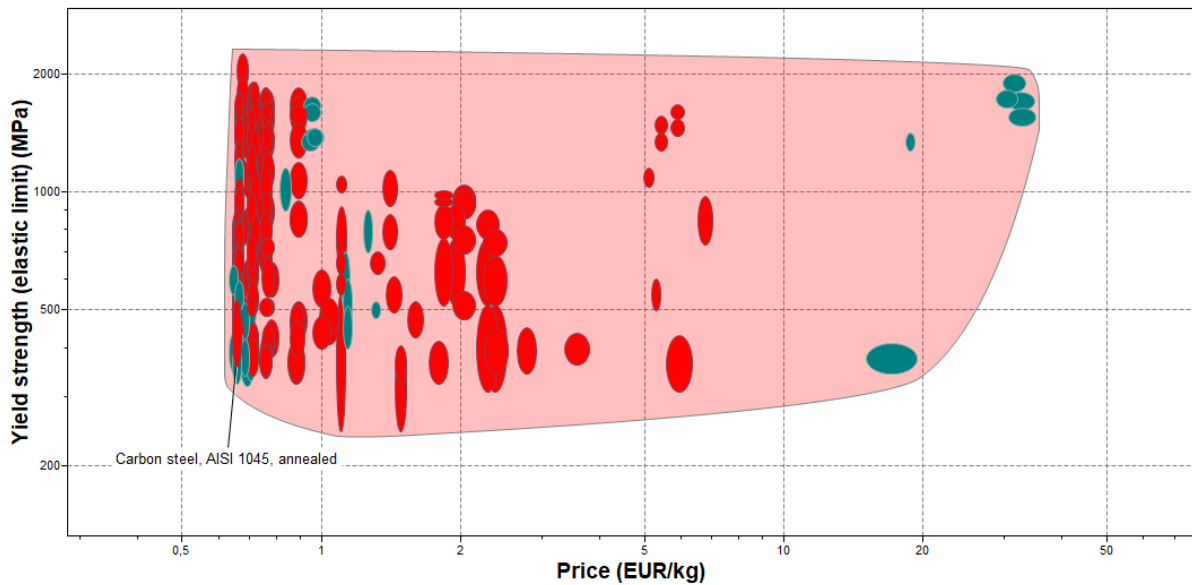


Figura 192: Selección del material AISI 1045

| | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Material | Acero al carbono recocido AISI 1045 |
| Contenido en carbono | 0,45% |
| Módulo elástico [GPa] | 212 |
| Módulo cizalladura [GPa] | 82,5 |
| Límite elástico [MPa] | 530 |
| Coste [€/kg] | 0,655 |

Figura 193: Propiedades del acero AISI 1045

Iteración final

Una vez conocidos todos los parámetros de la simulación y el análisis técnico de la carretilla, se elabora un afinado para minimizar el precio a partir del valor de tensión máximo experimentado (Figura 194)

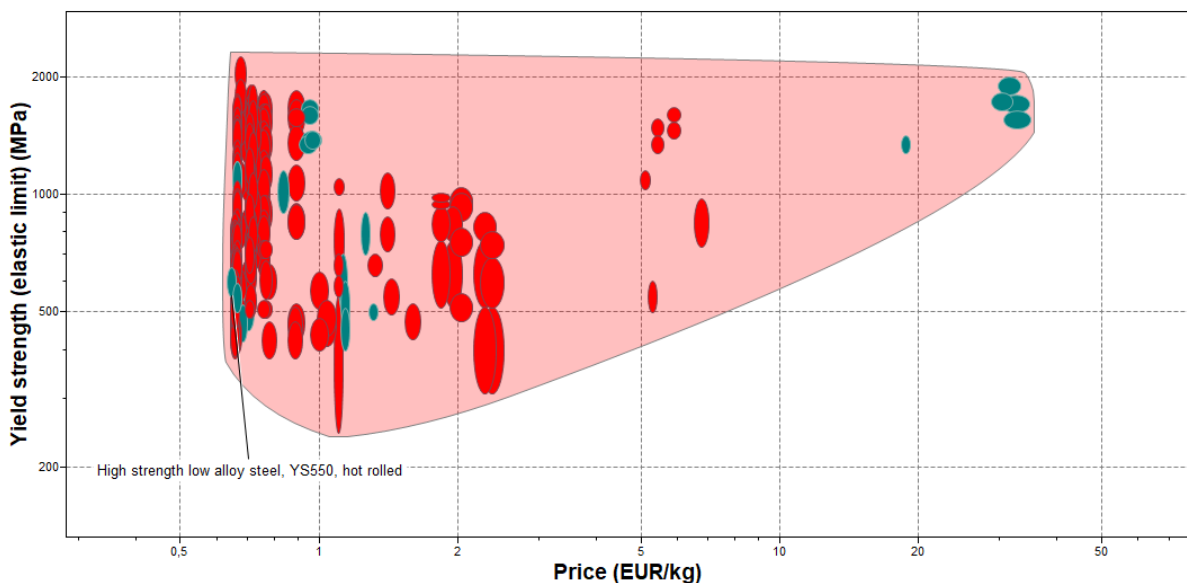


Figura 194: Selección final del material de la perfilera metálica

Tras esta introducción y comparación de datos, resulta que el material idóneo pertenece a otra familia de aceros, los de alta resistencia y baja aleación (HSLA); en concreto, el YS550 conformado en caliente (Figura 195), más conocido por su código normativo S550MC (UNE Normalización Española, 2014). Se trata de un acero con excelentes propiedades de mecanizado, soldabilidad y plegado, con un límite elástico garantizado de 550 MPa (aunque el valor empleado, que es la media extraída de la base de datos, es un poco superior); es ampliamente usado para la fabricación de componentes en automoción o maquinaria industrial.

| | |
|---------------------------------|---|
| Material | Acero conformado en caliente de alta resistencia y baja aleación YS550/S550MC |
| Contenido en carbono | 0,06% |
| Módulo elástico [GPa] | 210,5 |
| Módulo cizalladura [GPa] | 81,1 |
| Límite elástico [MPa] | 600 |
| Coste [€/kg] | 0,647 |

Figura 195: Propiedades del acero YS550/S550MC

- Plataforma base

A la hora de aproximarse a un material con aptitudes que conjuguen con lo esperado para la plataforma base es necesario hablar en términos de rigidez y de peso. Por tanto, sería conveniente acudir a parámetros de rendimiento para seleccionar un material cuya rigidez por unidad de masa lo sea baja posible, para así disponer de un material ligero a la par que disponga de una rigidez tal que no se deforme con la aplicación de las cargas.

La decisión tomada fue emplear un material polimérico como es el ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), dadas sus buenas propiedades de fabricación mediante moldeo por inyección y resistencia a impacto (Figura 196).

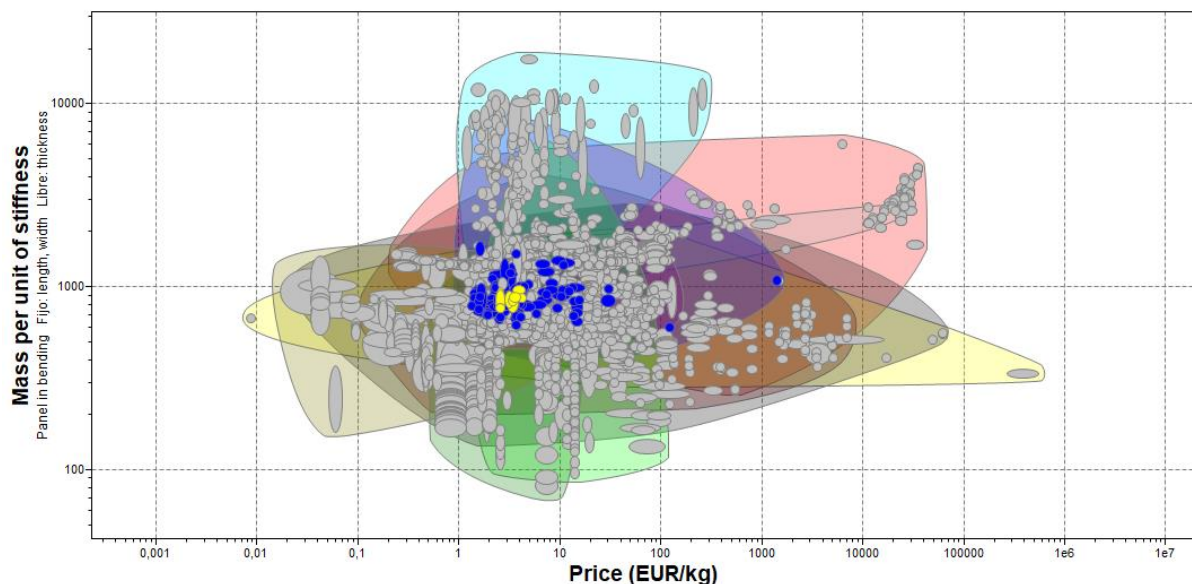


Figura 196: Vista general de la selección de materiales, con el ABS y derivados resaltados en amarillo

El plástico ABS con un mejor precio en relación a su masa por unidad de rigidez es el moldeado por inyección y con alta resistencia al impacto (Figuras 197-198). Sus tres componentes le aportan bajo precio, buena maquinabilidad y propiedades de resistencia térmica y química. Es el polímero termoplástico más empleado en ingeniería por su coste

y buenas propiedades en relación a este, especialmente en lo referente al impacto (propiedad interesante de cara a las condiciones de uso de la plataforma, que tendrá solicitaciones de este tipo en forma de caídas de cajas u otros elementos).

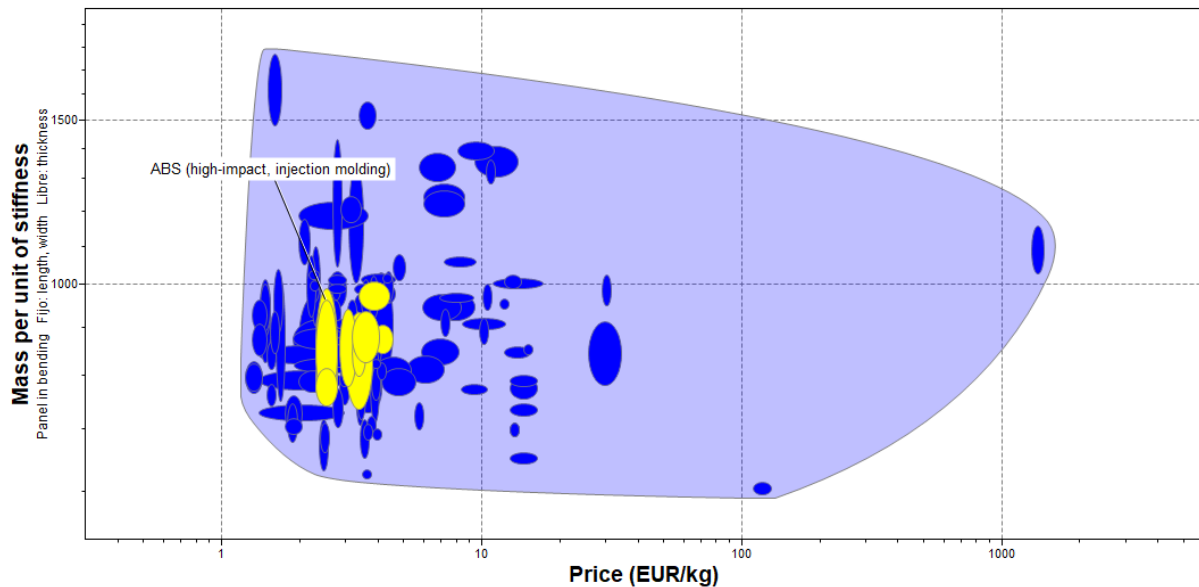


Figura 197: Mapa de Ashby en función de la masa por unidad de rigidez (ordenadas) y el precio por kilogramo (abscisas)

| | |
|---|--|
| Material | ABS (alto impacto, moldeo por inyección) |
| Composición | Acrilonitrilo butadieno estireno |
| Rigidez específica [MN·m/kg] | 1,705 |
| Resistencia a fatiga 10^7 [MPa] | 14,75 |
| Límite elástico [MPa] | 42 |
| Coste [€/kg] | 2,54 |

Figura 198: Propiedades material ABS (alto impacto, moldeo por inyección)

Segunda elección

Dado que mediante la simulación mediante elementos finitos se comprobó que había un margen de seguridad importante en la plataforma a niveles de resistencia, se decidió buscar otro material que, manteniendo las propiedades anteriores tuviese un precio menor (y a ser posible, mejores resultados en alguno de los parámetros clave).

Se elabora una selección donde se tiene en cuenta la resistencia a flexión, ya que es un parámetro en los análisis iniciales causó ciertos problemas (más que la resistencia estática del material). Es por ello por lo que se introduce como eje en el mapa de Ashby elaborado como uno de los ejes, siendo el otro el coste por unidad de rigidez.

En este caso no se puede maximizar el valor de la selección, debido a que los dos primeros candidatos, en un análisis en profundidad, presentan puntos de conflicto con las necesidades requeridas: el SMMA (estireno metilmetacrilato copolímero) tiene una pobre resistencia química, no compatible con el uso en el entorno de trabajo de la carretilla; por su parte, el PS (poliestireno) es susceptible a fallas por fracturas y tiene una pobre resistencia a fatiga. Es por ello por lo que la primera entrada que parece conforme para lo que se espera del componente es el PVC rígido para moldeo y extrusión (Figuras 199-200); barato, versátil y ampliamente utilizado, a sus buenas propiedades mecánicas a una buena resistencia a ácidos y exposición prolongada a radiación solar.

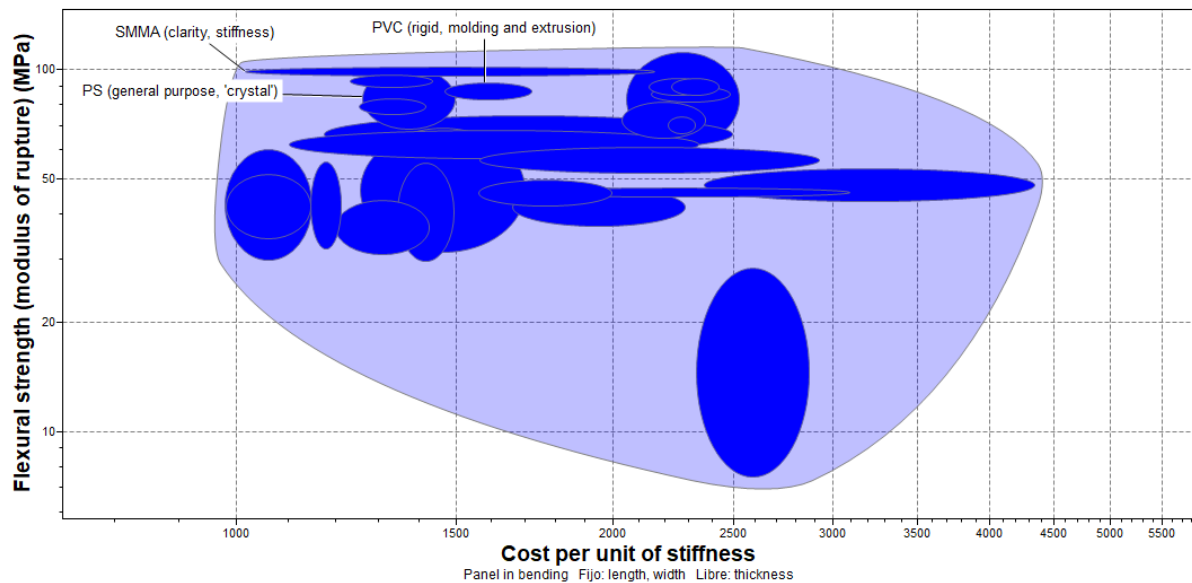


Figura 199: Representación gráfica de la selección de material finalista para el PVC

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Material | PVC (rígido, para moldeo y extrusión) |
| Composición | Policloruro de vinilo |
| Rigidez específica [MN·m/kg] | 2,08 |
| Resistencia a fatiga 10^7 [MPa] | 18,85 |
| Resistencia a flexión [MPa] | 87,5 |
| Límite elástico [MPa] | 47,05 |
| Coste [€/kg] | 1,655 |

Figura 200: Propiedades del PVC rígido

- Cesto

El cesto es una pieza fina de plástico cuya masa y precio se deben minimizar en función de su resistencia, máxima garantizando lo anterior. Esta solución de compromiso se ve reflejada en el mapa de Ashby de la figura 201.

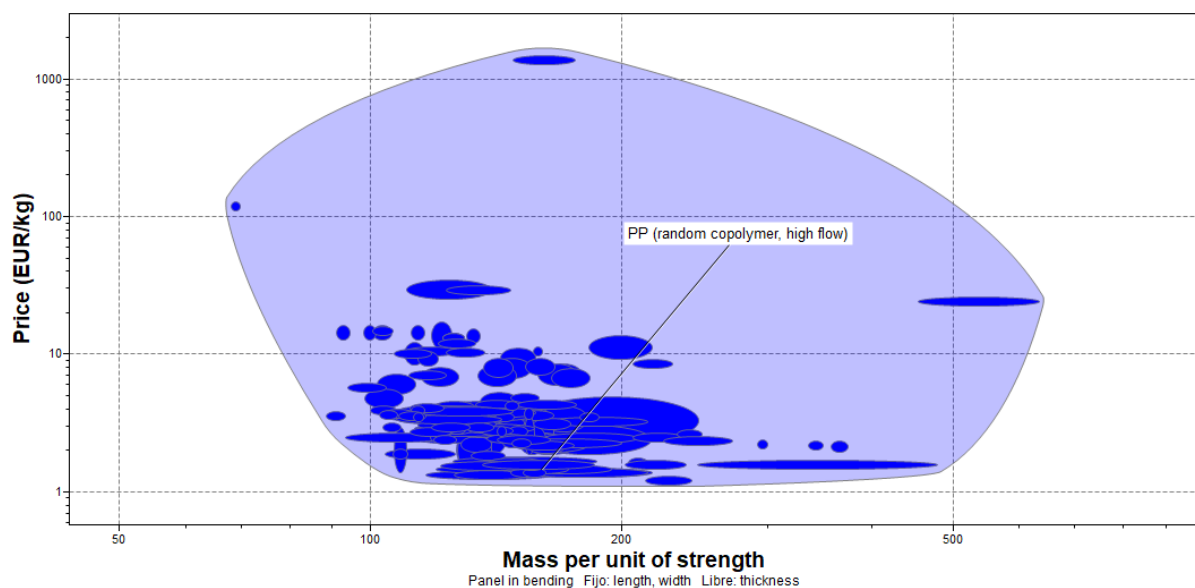


Figura 201: Primera selección plástico para cesto

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Material | PP (copolímero aleatorio, alto flujo) |
| Composición | Polipropileno |
| Rigidez específica [MN·m/kg] | 1,022 |
| Límite elástico [MPa] | 26,25 |
| Coste [€/kg] | 1,405 |

Figura 202: Propiedades del polipropileno

Tras efectuar los análisis mediante elementos finitos, se advierte una sobreestimación en las propiedades mecánicas del material, por lo que se efectúa un afinado en la selección para la elección final de uso (Figura 202).

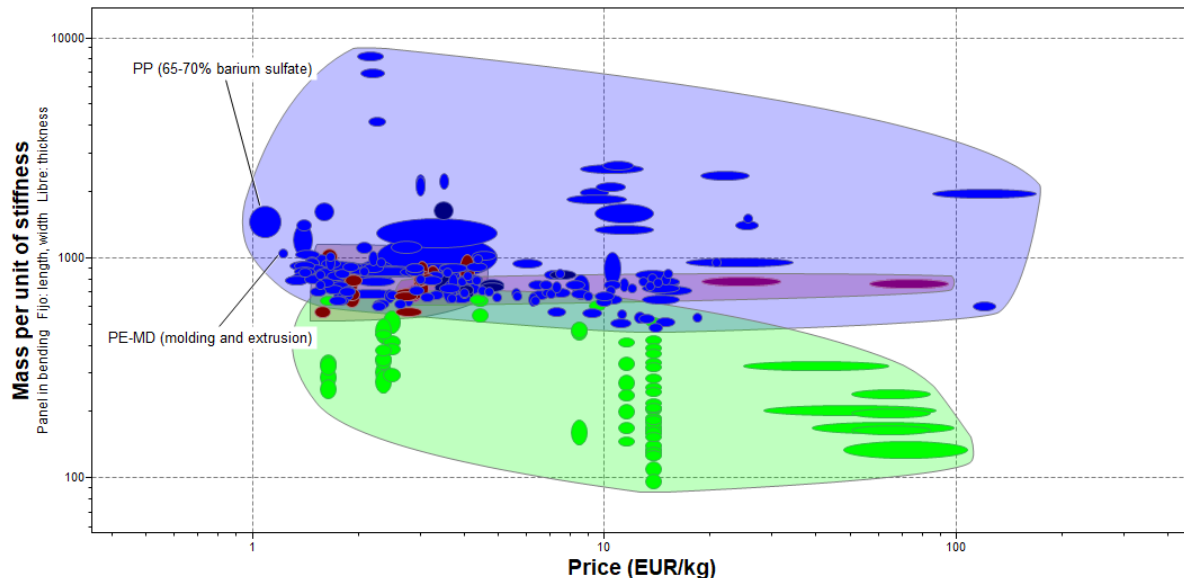


Figura 203: Selección del material para el cesto

El material elegido por su bajo precio y densidad es el polietileno de media densidad para moldeo y extrusión (Figura 204), un material con buen comportamiento frente a los ácidos y cuyas propiedades de cara a lo necesario para diseñar el cesto son suficientes.

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Material | PE-MD (para moldeo y extrusión) |
| Composición | Polietileno de media densidad |
| Rigidez específica [MN·m/kg] | 0,826 |
| Límite elástico [MPa] | 18 |
| Coste [€/kg] | 1,22 |

Figura 204: Propiedades del polietileno MD

- Material de juntas

Este material auxiliar debe poseer bajo coste y precio aunada con un máximo de resistencia a compresión. Se decide apostar por la goma de estireno-butadieno sin reforzar, ya que maximiza la resistencia a compresión con el mínimo coste (Figuras 205-206).

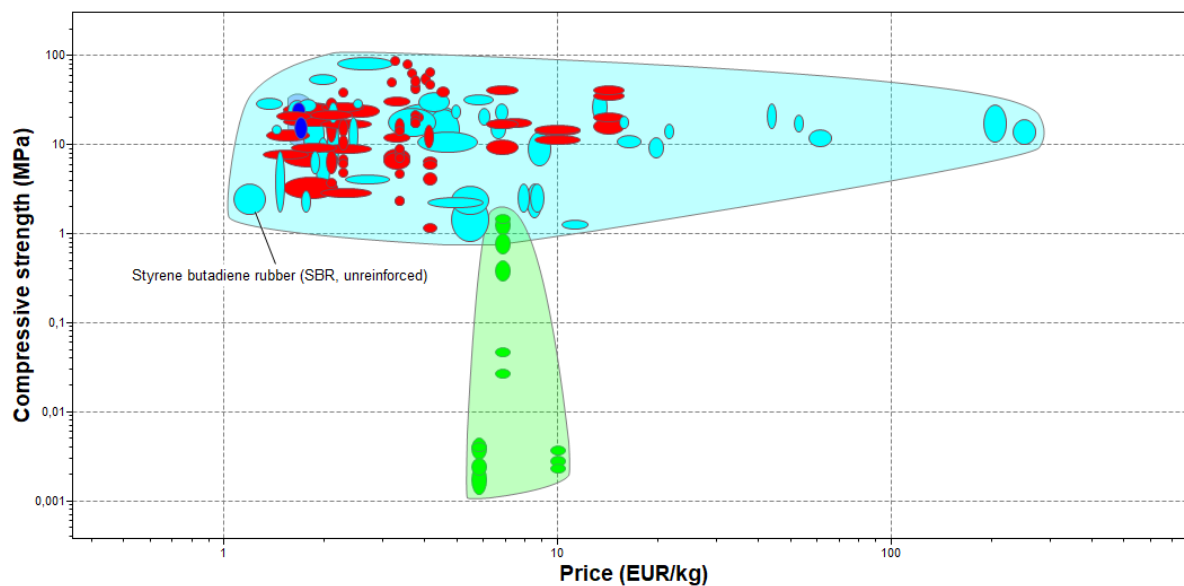


Figura 205: Mapa de selección SBR

| | |
|---|----------------------------|
| Material | SBR sin reforzar |
| Composición | Goma de estireno butadieno |
| Resistencia a compresión [MPa] | 2,64 |
| Resistencia a fatiga 10^7 [MPa] | 0,88 |
| Límite elástico [MPa] | 2,2 |
| Coste [€/kg] | 1,195 |

Figura 206: Propiedades SBR

Anexo V. Presupuesto

En este anexo se tratará de realizar una aproximación al precio final de la carretilla mostrada en las Figuras 163-164-165, uno de los límites establecidos durante las fases iniciales del rediseño. Será una visión sucinta y reducida de lo que sería un presupuesto industrial completo, ya que no es parte fundamental del proyecto el hacer una focalización excesiva en el mismo sino obtener un dato cercano al real. Partiendo de una lista de materiales proveniente del diseño CAD finalista, se especificarán los costes propios de la materia prima y los procesos que intervienen en su fabricación. Los valores de masa, volumen y superficies que aparecen en las tablas adjuntas se han obtenido a partir de la herramienta CAD-CAE empleada para la elaboración del proyecto.

Lista de materiales (Figura 207)

| Componente | Ud. | Material | Masa [g] | Operaciones |
|-----------------------|-----|----------|----------|-----------------------------------|
| Eje | 1 | YS550 | 825,50 | 2x taladro pasante |
| Asa fija | 1 | YS550 | 5163,92 | 4x taladro pasante, 6x doblado |
| Anclaje potencia | 1 | YS550 | 486,81 | 1x mecanizado |
| Caña timón | 1 | YS550 | 1428,42 | 1x taladro pasante, 1x doblado |
| Horquilla | 1 | YS550 | 556,64 | 2x doblado, 2x mecanizado |
| Tubo horquilla | 1 | YS550 | 59,27 | 1x mecanizado, 1x taladro pasante |
| Eje rueda | 1 | YS550 | 152,01 | N/A |
| Estructura plataforma | 1 | YS550 | 2794,45 | 8x taladro simple, 2x doblado |
| Soporte central | 1 | YS550 | 1548,41 | 1x doblado, 2x mecanizado |
| Plataforma base | 2 | PVC-R | 2879,30 | N/A |
| Timón | 1 | PVC-R | 519,87 | N/A |
| Cesto | 1 | PE-MD | 1773,89 | N/A |
| Junta goma | 2 | SBR | 1,2 | N/A |
| Junta intermedia | 1 | SBR | 21,58 | N/A |
| Junta | 2 | SBR | 132,91 | N/A |

Figura 207: Lista de componentes, materiales, unidades, masa y operaciones realizadas a fabricar/modificar en planta

Lista de materiales de compra externa (Figura 208)

| Componente | Ud. |
|---------------------------------|-----|
| Arandela DIN 125 M5x7x0.5 | 4 |
| Rueda poliuretano rígido | 3 |
| Rodamiento W63806 | 2 |
| Tuerca DIN 934 M5x0.8 | 8 |
| Tornillo DIN 931 M5x20 | 8 |
| Tornillo DIN 931 M5x55 | 5 |
| Anillo de retención DIN 471 M27 | 4 |

Figura 208: Lista de componentes de adquisición externa

Otras operaciones (Figura 209)

| Operación | Valor |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Soldadura | 628,60 [g] |
| Adhesivo bicomponente en base epoxi | 10 [g] |
| Pintura epoxi anticorrosiva | 1589,87 [cm ²] |

Figura 209: Lista de operaciones manuales y unidad de medida

Coste final de los componentes (Figura 210)

| Componente | Coste base [€/kg] | Coste final [€/kg] | Coste total [€] |
|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Eje | 0,65 | 0,75 | 0,62 |
| Asa fija | 0,65 | 0,82 | 4,23 |
| Anclaje potencia | 0,65 | 0,75 | 0,37 |
| Caña timón | 0,65 | 0,82 | 1,17 |
| Horquilla | 0,65 | 0,82 | 0,46 |
| Tubo horquilla | 0,65 | 0,82 | 0,05 |
| Eje rueda | 0,65 | 0,75 | 0,11 |
| Estructura plataforma | 0,65 | 0,82 | 2,29 |
| Soporte central | 0,65 | 0,75 | 1,16 |
| Plataforma base | 1,66 | 2,02 | 11,64 |
| Timón | 1,66 | 2,61 | 1,36 |
| Cesto | 1,22 | 1,68 | 2,97 |
| Junta goma | 1,20 | 1,33 | 0,01 |
| Junta intermedia | 1,20 | 1,33 | 0,03 |
| Junta | 1,20 | 1,33 | 0,35 |

*Figura 210: Resumen de precios (operaciones incluidas) componentes a fabricar***Particularidades del coste final (Figura 211)**

Los costes finales reflejados en la última tabla incluyen precio de la mano de obra y de las operaciones realizadas, así como coste de amortización de la maquinaria de fabricación.

| Componente | Operación | Valor residual [%] | Factor carga [%] | Gastos generales [€/h] | Tiempo amortización [años] | Complejidad de la pieza |
|-----------------------|----------------------|--------------------|------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Eje | Mecanizado | 75 | 80 | 40 | 1 | Simple |
| Asa fija | Doblado, mecanizado | 75 | 95 | 80 | 1 | Simple |
| Anclaje potencia | Mecanizado | 75 | 80 | 40 | 1 | Simple |
| Caña timón | Doblado, mecanizado | 75 | 95 | 80 | 1 | Simple |
| Horquilla | Doblado, mecanizado | 75 | 95 | 80 | 1 | Simple |
| Tubo horquilla | Doblado, mecanizado | 75 | 95 | 80 | 1 | Simple |
| Eje rueda | Mecanizado | 75 | 80 | 40 | 1 | Simple |
| Estructura plataforma | Doblado, mecanizado | 75 | 95 | 80 | 1 | Simple |
| Soporte central | Mecanizado | 75 | 80 | 40 | 1 | Simple |
| Plataforma base | Moldeo por inyección | 50 | 95 | 125 | 5 | Estándar |
| Timón | Moldeo por inyección | 50 | 95 | 125 | 5 | Estándar |
| Cesto | Moldeo por inyección | 40 | 80 | 125 | 5 | Estándar |
| Junta goma | Extrusión | 40 | 100 | 100 | 5 | Simple |
| Junta intermedia | Extrusión | 40 | 100 | 100 | 5 | Simple |
| Junta | Extrusión | 40 | 100 | 100 | 5 | Simple |

Figura 211: Resumen características operaciones

Coste final componentes adquiridos externamente (Figura 212)

| Componente | Ud. | Coste [€/ud] | Coste final [€] |
|---------------------------------|-----|--------------|-----------------|
| Arandela DIN 125 M5x7x0.5 | 4 | 0,01 | 0,04 |
| Rueda poliuretano | 3 | 2,00 | 6,00 |
| Rodamiento W63806 | 2 | 0,35 | 0,70 |
| Tuerca DIN 934 M5x0.8 | 8 | 0,01 | 0,08 |
| Tornillo DIN 931 M5x20 | 8 | 0,01 | 0,08 |
| Tornillo DIN 931 M5x55 | 5 | 0,01 | 0,05 |
| Anillo de retención DIN 471 M27 | 4 | 0,01 | 0,04 |

Figura 212: Precios finales componentes externos

NOTA: Precios externos consultados en una web de suministros industriales al por mayor (Alibaba Group, 2020)

Coste final otras operaciones (Figura 213)

| Operación | Coste [€/um] | Coste final [€] |
|-----------|--------------------------|-----------------|
| Soldadura | 3 [€/kg] | 1,88 |
| Adhesivo | 7,15 [€/kg] | 0,07 |
| Pintura | 1,85 [€/m ²] | 2,94 |

*Figura 213: Costes operacionales relativos al montaje y acabado de la carretilla***Coste total unitario (Figura 214)**

| | |
|-------------------------|----------------|
| Componentes | 26,82 € |
| Componentes externos | 6,99 € |
| Operaciones adicionales | 4,89 € |
| TOTAL | 38,70 € |

*Figura 214: Coste del producto acabado***Precio de venta al público (PVP, Figura 215)**

| | |
|----------------------|----------------|
| Coste unitario | 38,70 € |
| Beneficio industrial | 7,74 € |
| Margen minorista | 4,64 € |
| TOTAL | 51,08 € |

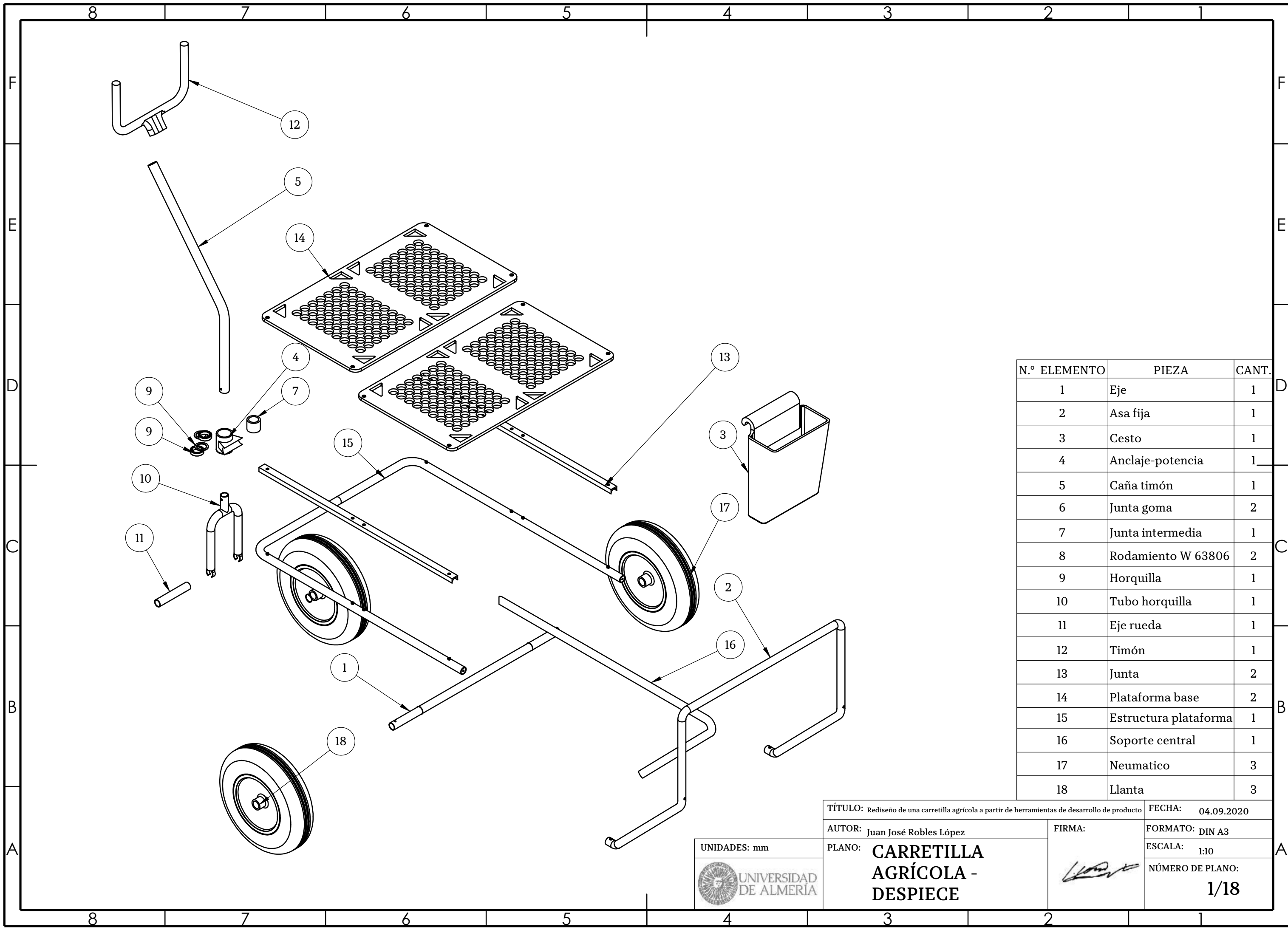
Figura 215: Cálculo del PVP, con BI del 20% y MM del 10%

Anexo VI. Planos


- 1/18 – Plano general - despiece
- 2/18 – Plano general carretilla agrícola
- 3/18 – Plano subensamblaje plataforma
- 4/18 – Plano subensamblaje parte fija
- 5/18 – Plano subensamblaje sistema de dirección
- 6/18 – Plano componente asa fija
- 7/18 – Plano componente caña timón
- 8/18 – Plano componente cesto
- 9/18 – Plano componente eje
- 10/18 – Plano componente eje rueda
- 11/18 – Plano componente estructura plataforma
- 12/18 – Plano componente horquilla
- 13/18 – Plano componente junta
- 14/18 – Plano componente plataforma base
- 15/18 – Plano componente soporte central
- 16/18 – Plano componente timón
- 17/18 – Plano componente tubo horquilla
- 18/18 – Plano componente anclaje potencia

Anexo VII. Modelo de solicitud de registro de Diseño Industrial

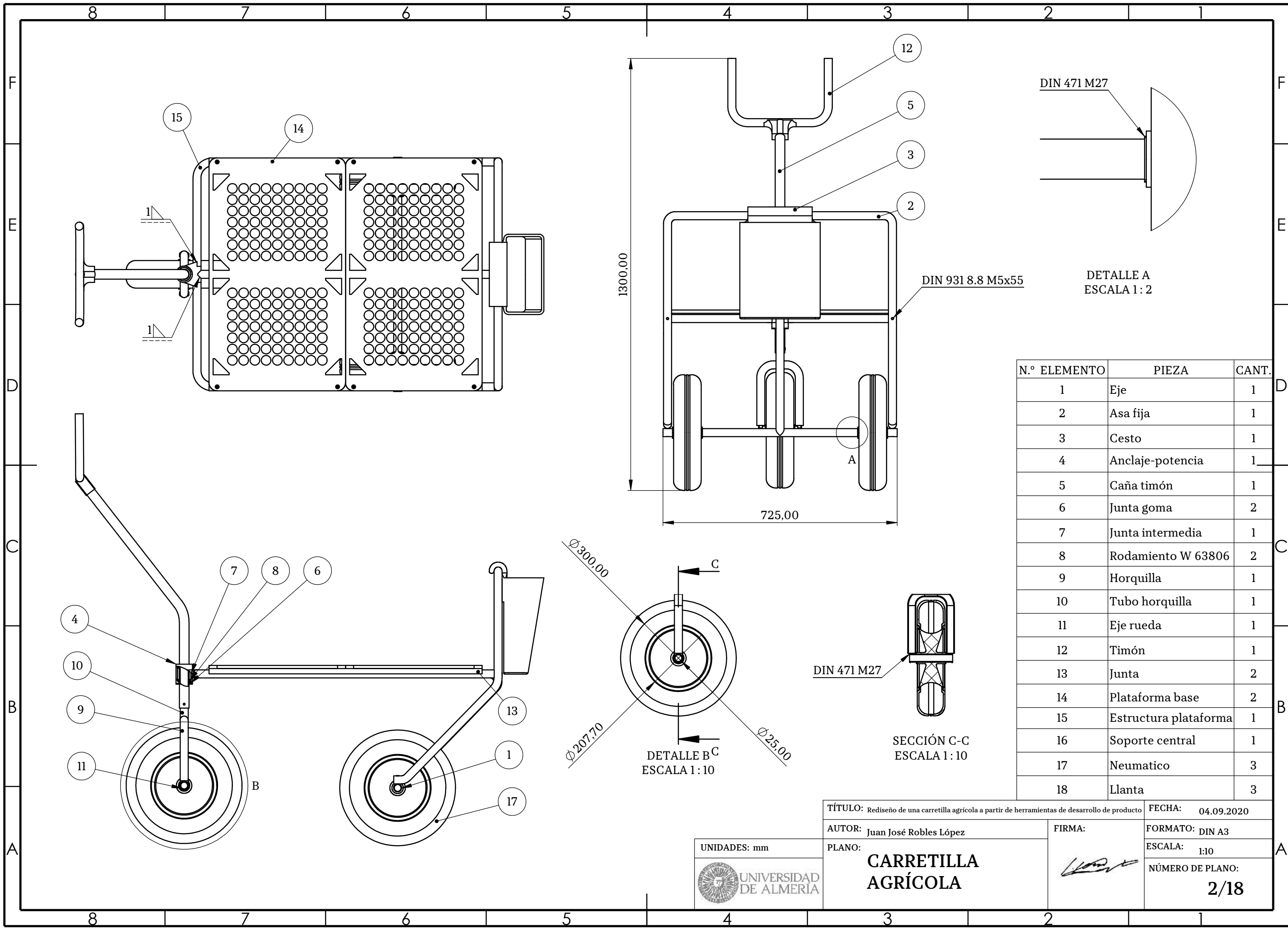
A continuación de los Planos, se adjunta el modelo 320II de la Oficina Española de Patentes y Marcas cumplimentado




| N.º ELEMENTO | PIEZA | CANT. |
|--------------|-----------------------|-------|
| 1 | Eje | 1 |
| 2 | Asa fija | 1 |
| 3 | Cesto | 1 |
| 4 | Anclaje-potencia | 1 |
| 5 | Caña timón | 1 |
| 6 | Junta goma | 2 |
| 7 | Junta intermedia | 1 |
| 8 | Rodamiento W 63806 | 2 |
| 9 | Horquilla | 1 |
| 10 | Tubo horquilla | 1 |
| 11 | Eje rueda | 1 |
| 12 | Timón | 1 |
| 13 | Junta | 2 |
| 14 | Plataforma base | 2 |
| 15 | Estructura plataforma | 1 |
| 16 | Soporte central | 1 |
| 17 | Neumatico | 3 |
| 18 | Llanta | 3 |

| | | |
|--|--|-----------------------|
| TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto | | FECHA: 04.09.2020 |
| AUTOR: Juan José Robles López | FIRMA:  | FORMATO: DIN A3 |
| PLANO: CARRETILLA AGRÍCOLA - DESPIECE | | ESCALA: 1:10 |
| | | NÚMERO DE PLANO: 1/18 |

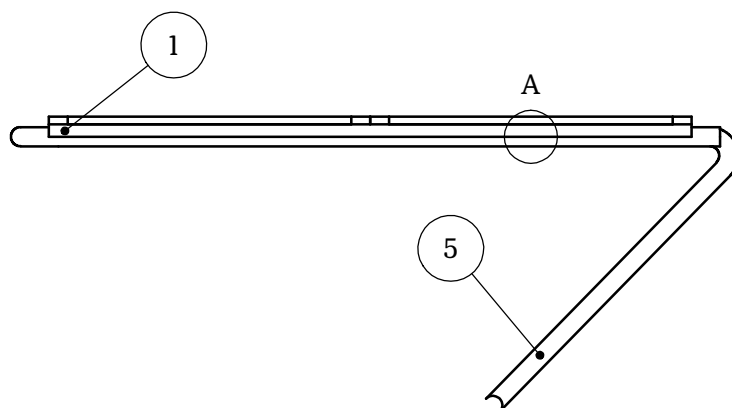
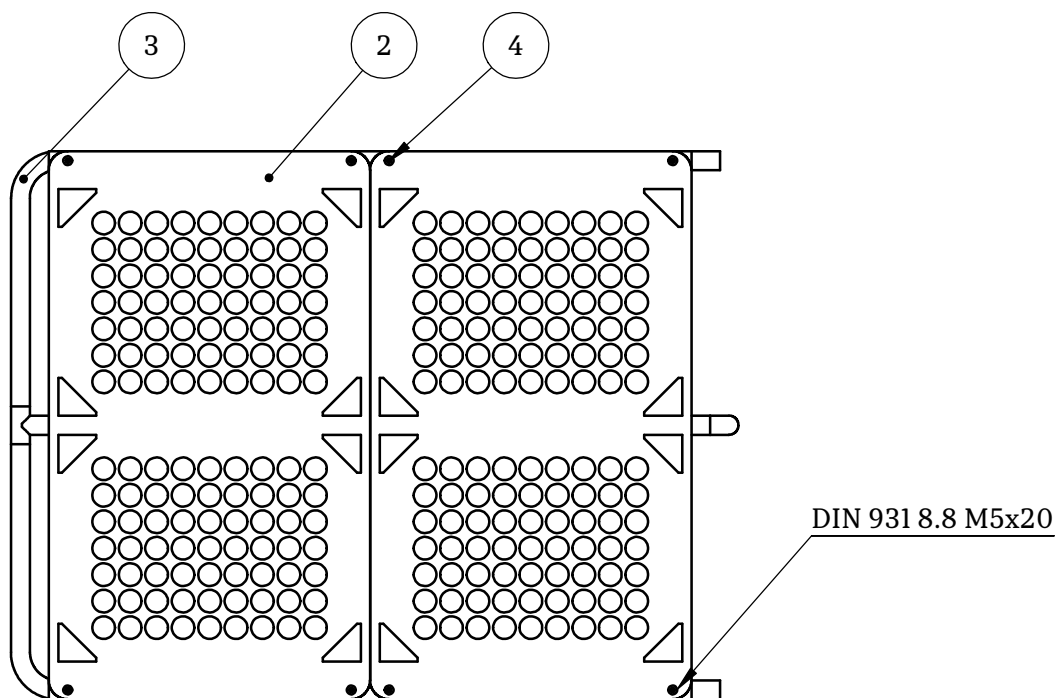




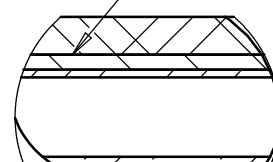
| N.º ELEMENTO | PIEZA | CANT. |
|--------------|-----------------------|-------|
| 1 | Eje | 1 |
| 2 | Asa fija | 1 |
| 3 | Cesto | 1 |
| 4 | Anclaje-potencia | 1 |
| 5 | Caña timón | 1 |
| 6 | Junta goma | 2 |
| 7 | Junta intermedia | 1 |
| 8 | Rodamiento W 63806 | 2 |
| 9 | Horquilla | 1 |
| 10 | Tubo horquilla | 1 |
| 11 | Eje rueda | 1 |
| 12 | Timón | 1 |
| 13 | Junta | 2 |
| 14 | Plataforma base | 2 |
| 15 | Estructura plataforma | 1 |
| 16 | Soporte central | 1 |
| 17 | Neumatico | 3 |
| 18 | Llanta | 3 |

| | | |
|--|---|---------------------------------|
| TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto | | FECHA: 04.09.2020 |
| AUTOR: Juan José Robles López | FIRMA:  | FORMATO: DIN A3 |
| PLANO: CARRETILLA AGRÍCOLA | | ESCALA: 1:10 |
| | | NÚMERO DE PLANO: 2/18 |





3M Scotch-Weld DP100
Aplicación en dos cordones



DETALLE A
ESCALA 1: 2

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | MATERIAL | CANTIDAD |
|-----------------|-----------------------|----------|----------|
| 1 | Junta | SBR | 2 |
| 2 | Plataforma base | S550MC | 2 |
| 3 | Estructura plataforma | S550MC | 1 |
| 4 | Tuerca | 1.0377 | 8 |
| 5 | Soporte central | S550MC | 1 |

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

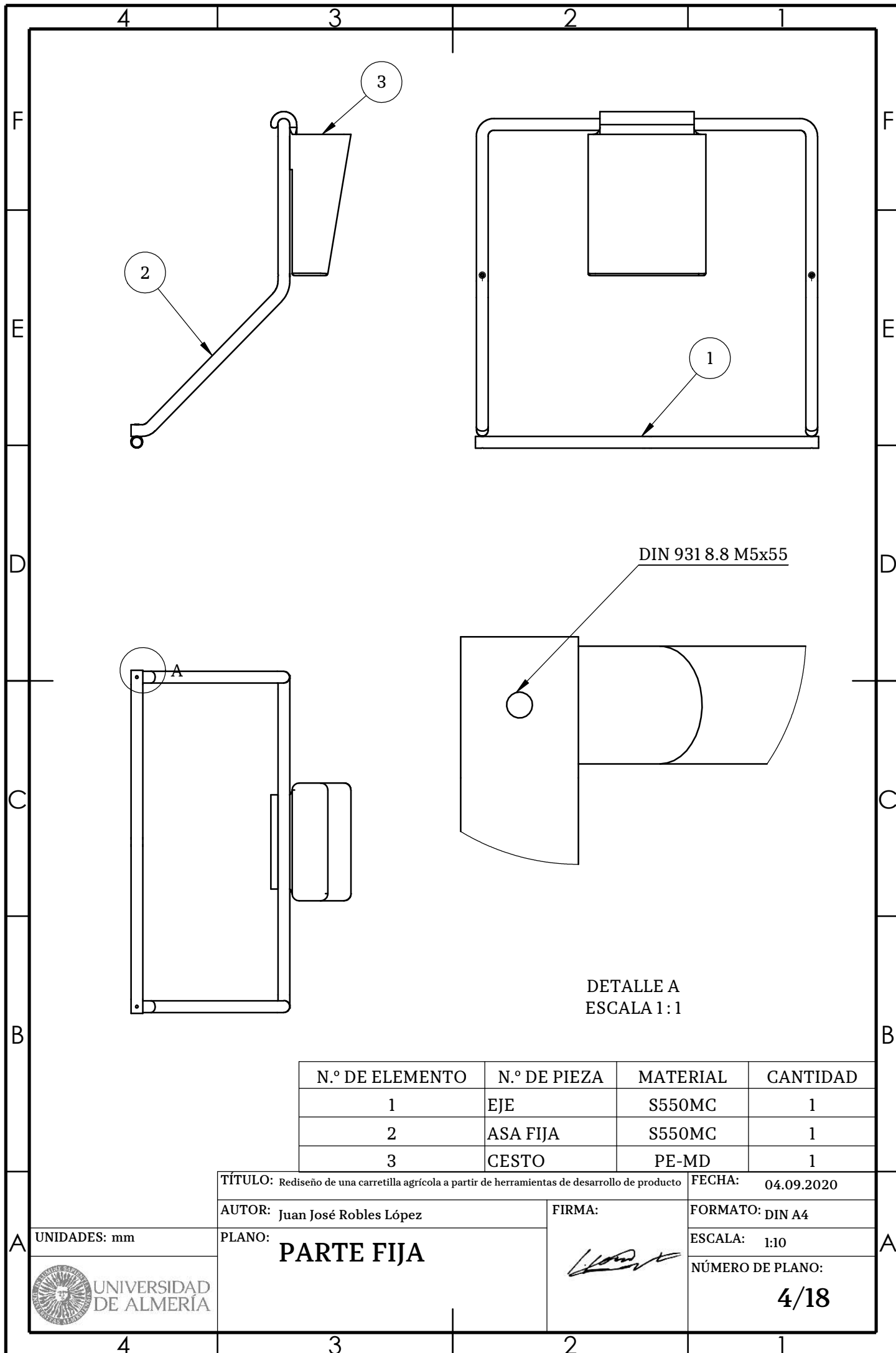
ESCALA: 1:10

PLATAFORMA

NÚMERO DE PLANO:

3/18





DETALLE A
ESCALA 1:1

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | MATERIAL | CANTIDAD |
|-----------------|--------------|----------|----------|
| 1 | EJE | S550MC | 1 |
| 2 | ASA FIJA | S550MC | 1 |
| 3 | CESTO | PE-MD | 1 |

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

PARTE FIJA

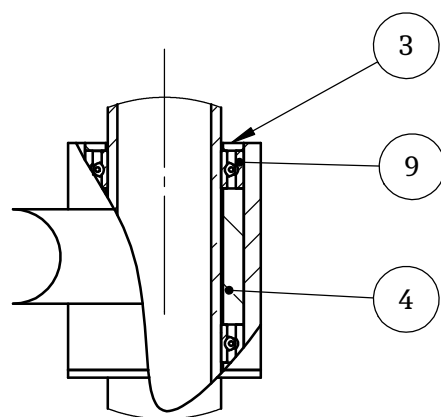
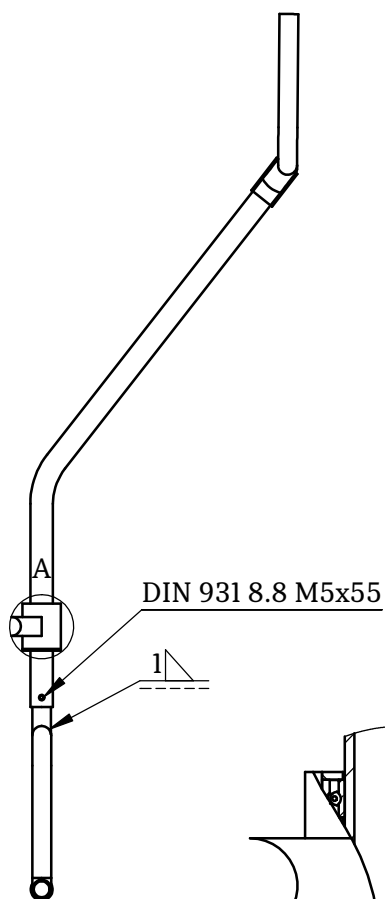
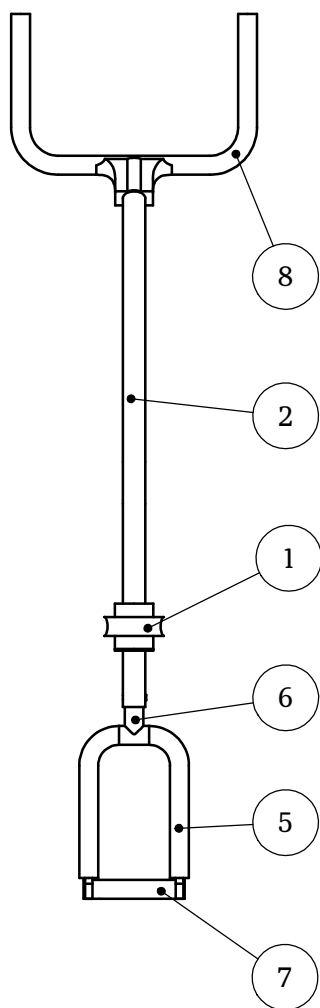
ESCALA: 1:10

NÚMERO DE PLANO:

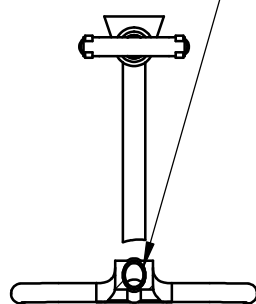
4/18



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA



3M Scotch-Bond DP100
Cordón arriba



DETALLE A
ESCALA 1 : 2

| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | MATERIAL | CANTIDAD |
|-----------------|--------------------|----------|----------|
| 1 | Anclaje-potencia | S550MC | 1 |
| 2 | Caña timón | S550MC | 1 |
| 3 | Junta goma | SBR | 2 |
| 4 | Junta intermedia | SBR | 1 |
| 5 | Horquilla | S550MC | 1 |
| 6 | Tubo horquilla | S550MC | 1 |
| 7 | Eje rueda | S550MC | 1 |
| 8 | Timón | S550MC | 1 |
| 9 | Rodamiento W 63806 | - | 2 |

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

ESCALA: 1:10

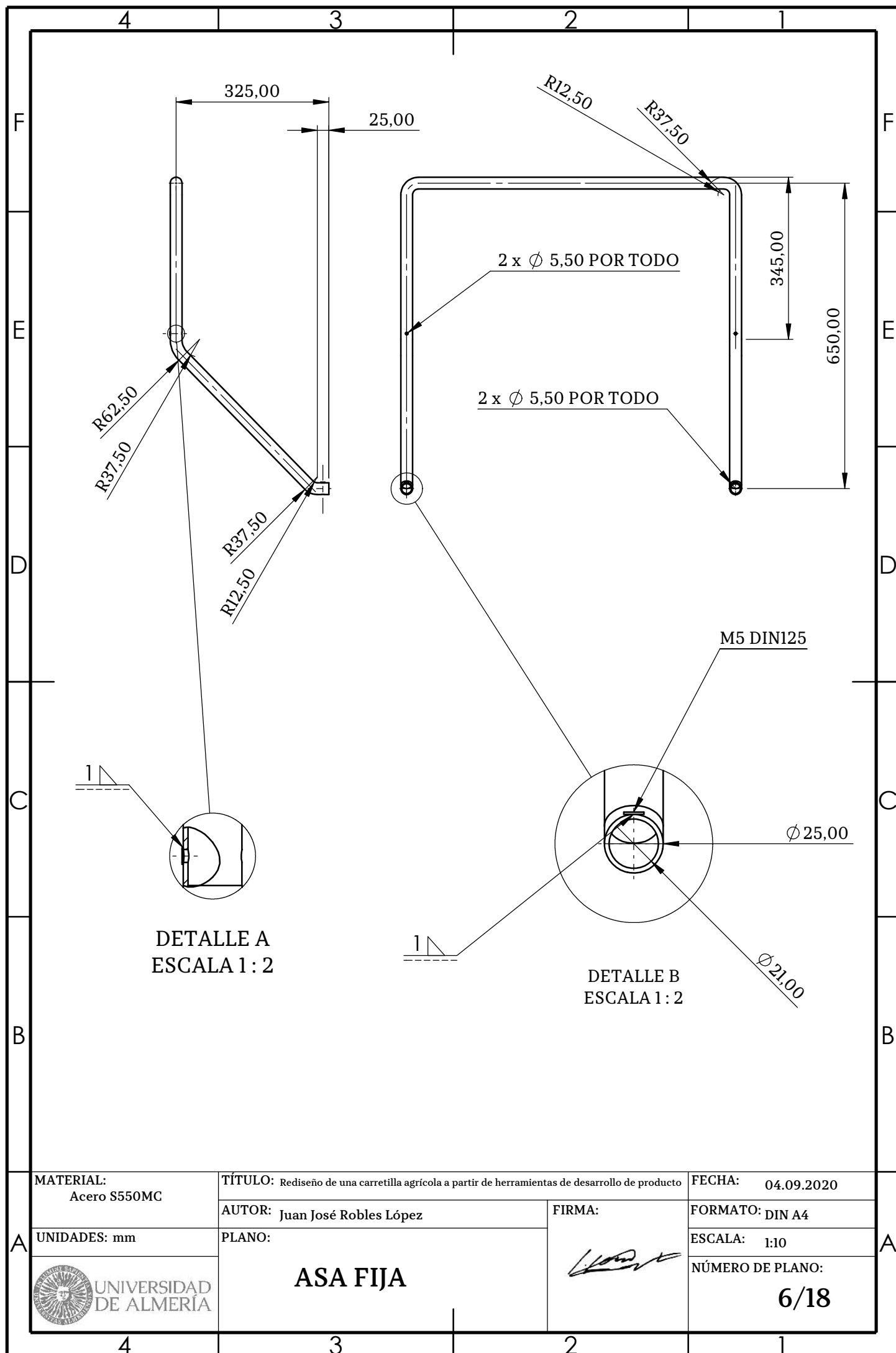


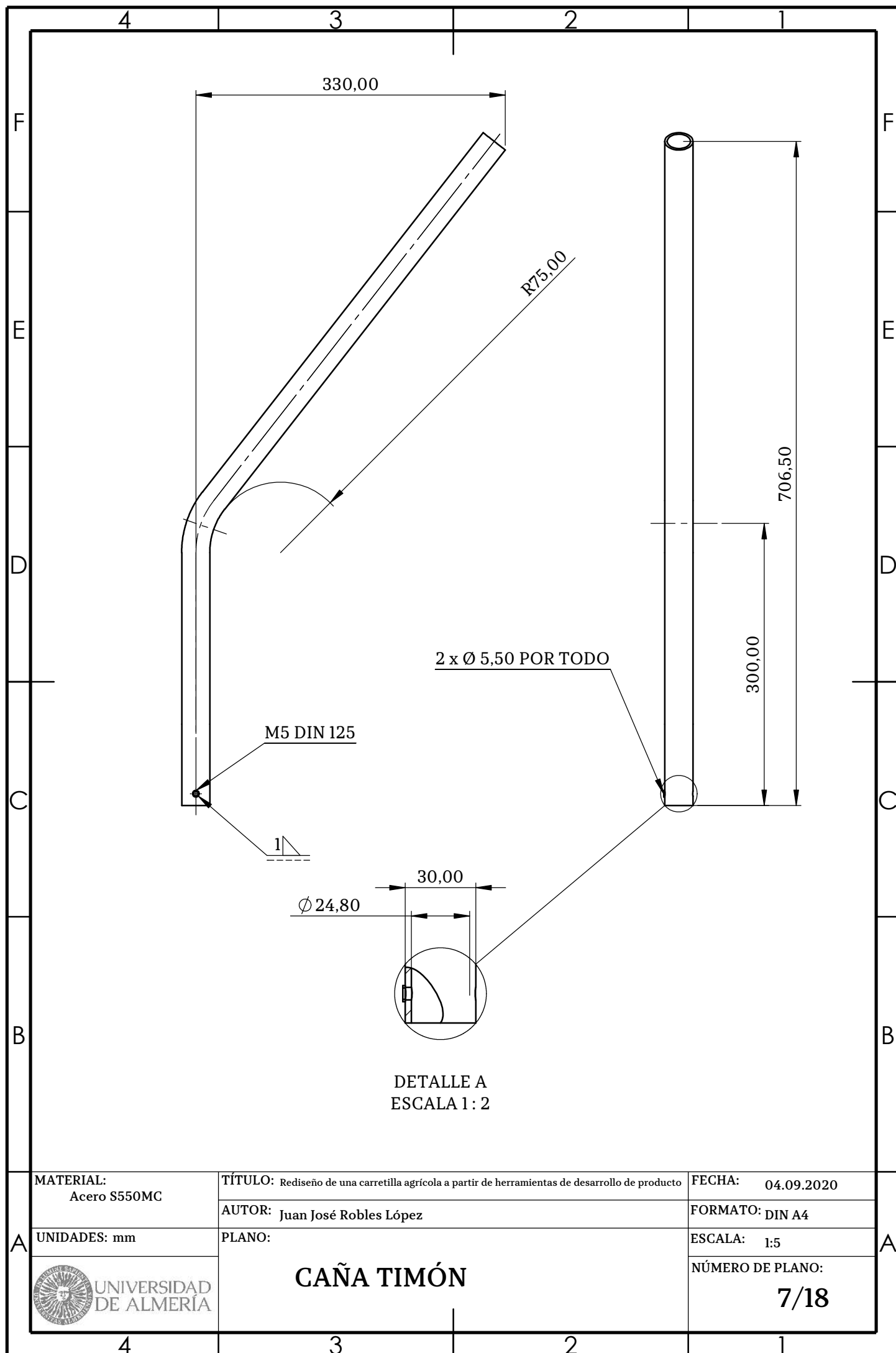
SISTEMA DE DIRECCIÓN

[Signature]

NÚMERO DE PLANO:

5/18





MATERIAL:
Acero S550MC

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

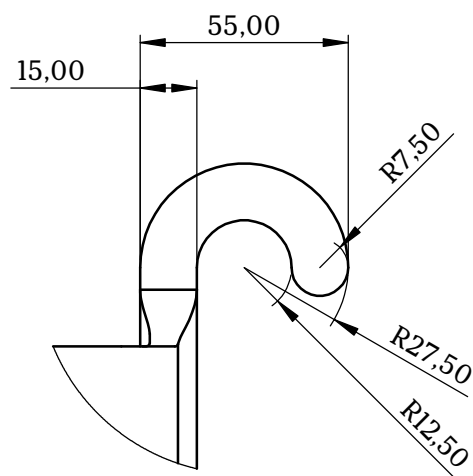
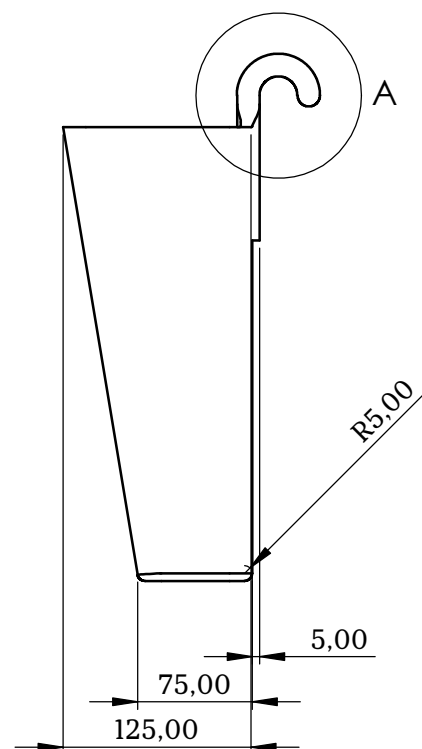
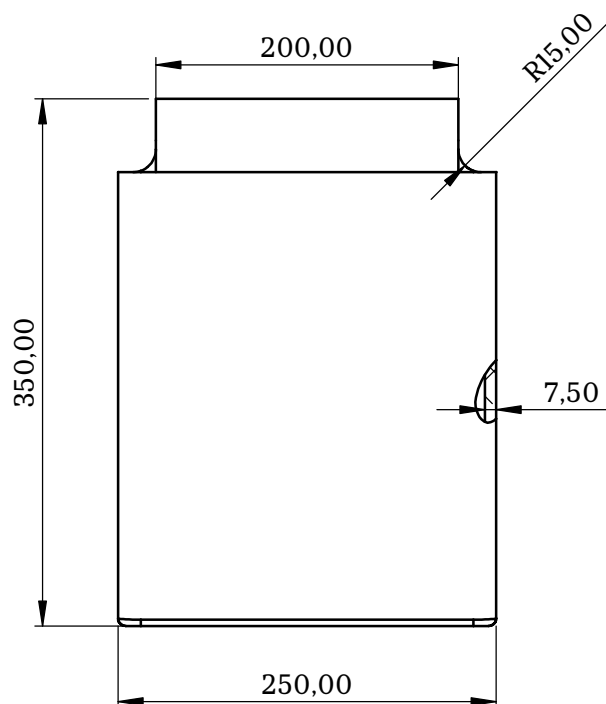
ESCALA: 1:5



CAÑA TIMÓN

NÚMERO DE PLANO:

7/18



DETALLE A
ESCALA 1 : 2

MATERIAL:
Polietileno de media
densidad

UNIDADES: mm



TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

AUTOR: Juan José Robles López

PLANO:

CESTO

FIRMA:

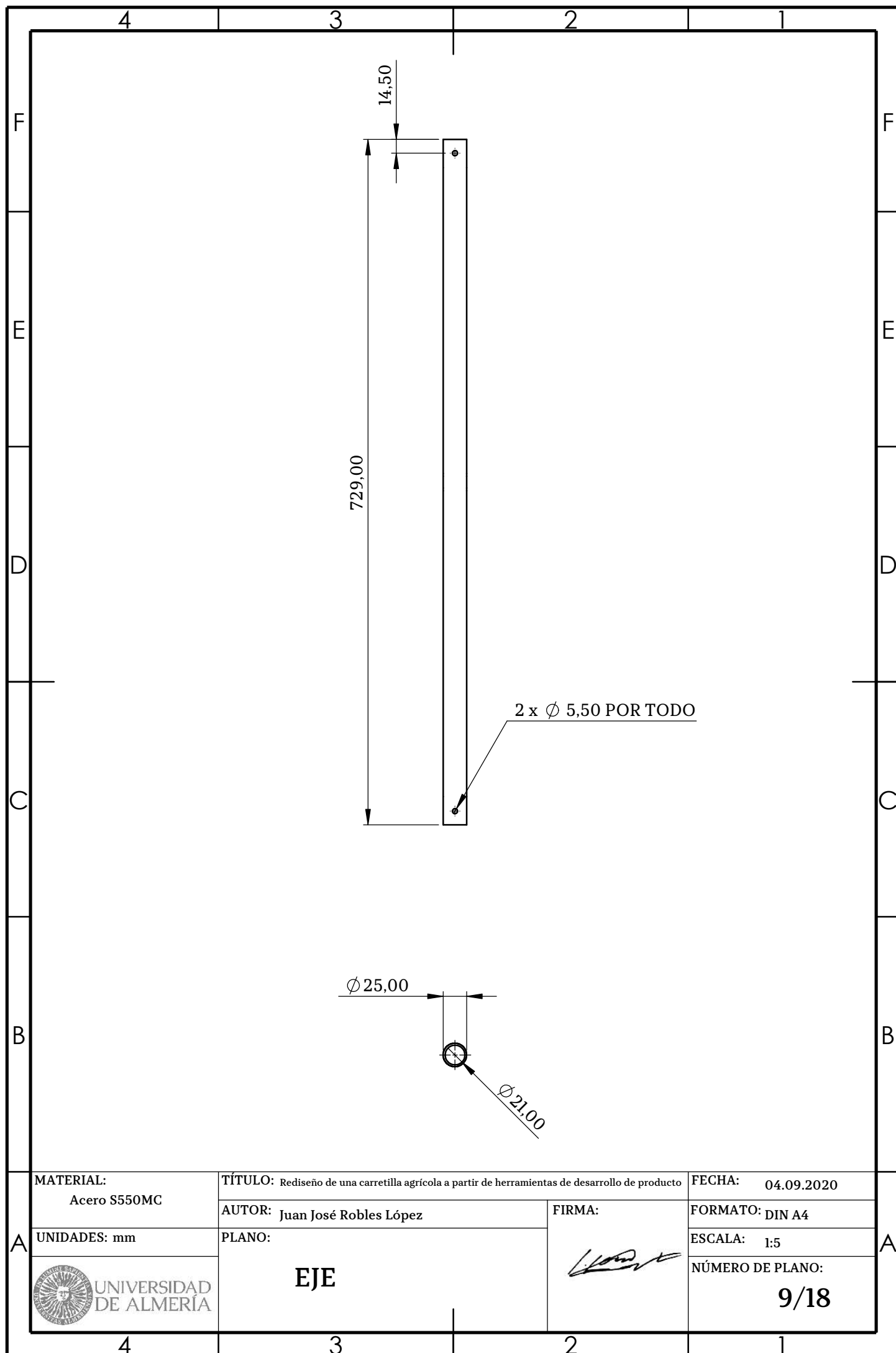
FECHA: 04.09.2020

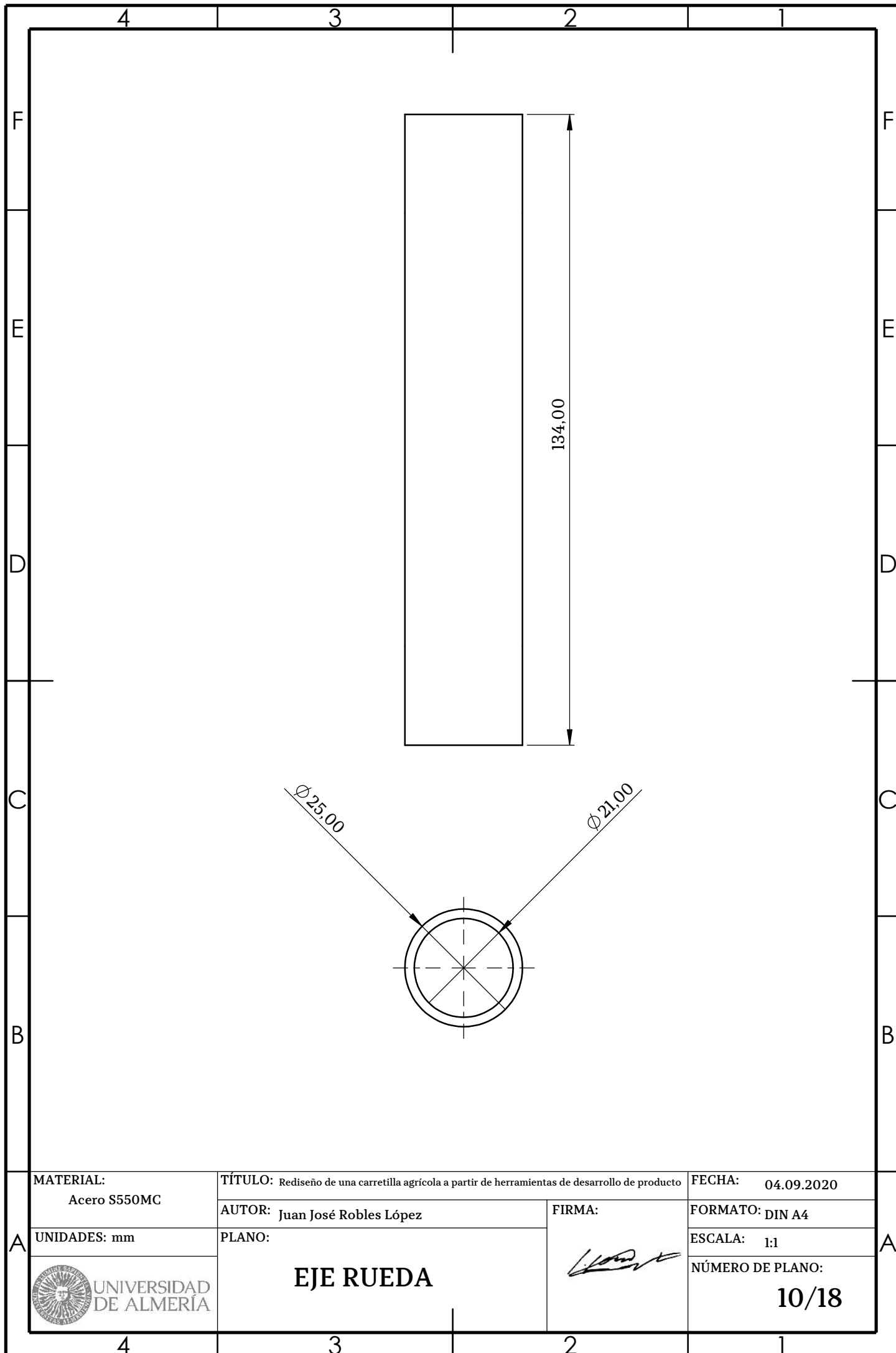
FORMATO: DIN A4

ESCALA: 1:5

NÚMERO DE PLANO:

8/18





MATERIAL:
Acero S550MC

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

ESCALA: 1:1

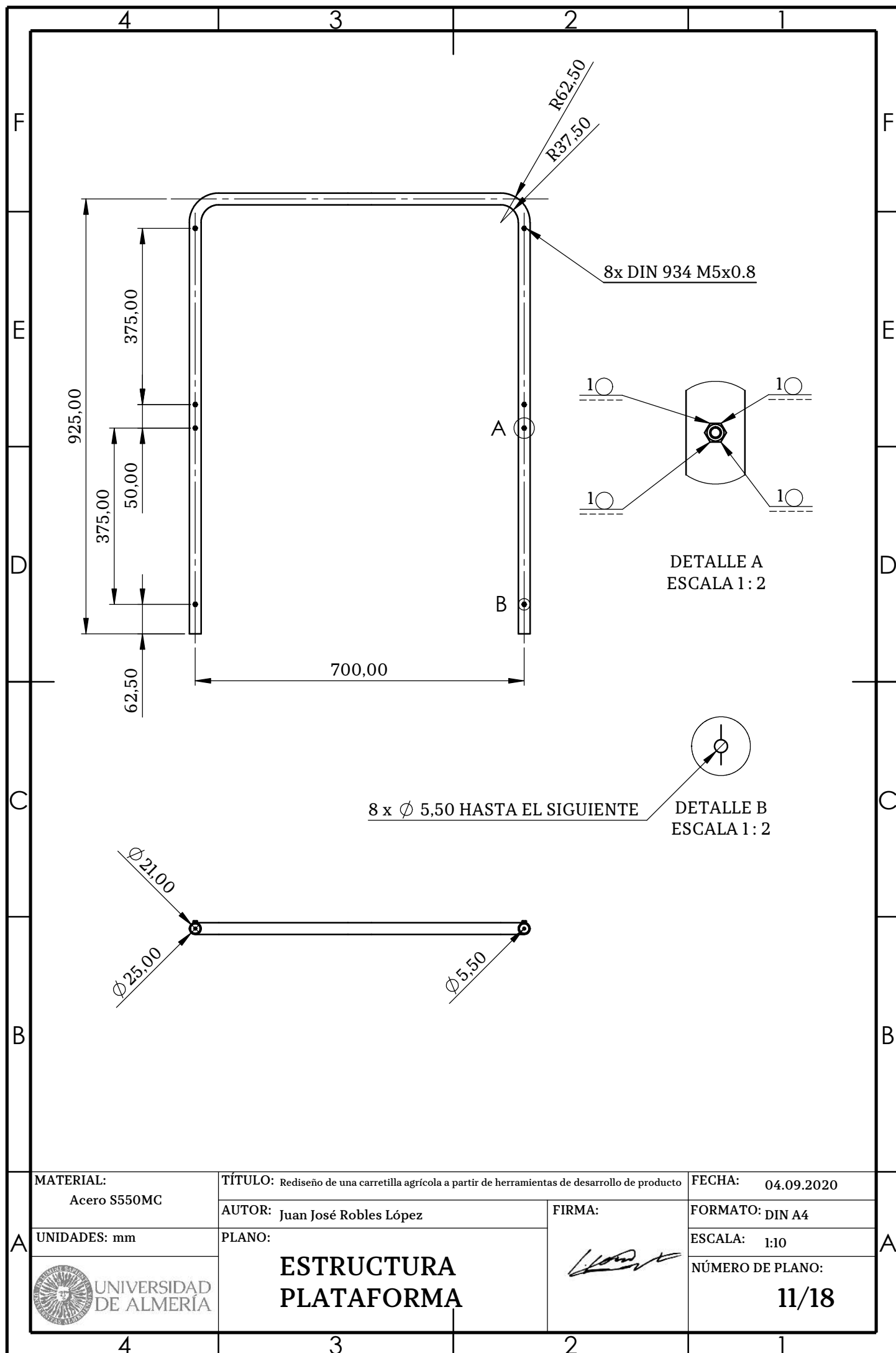


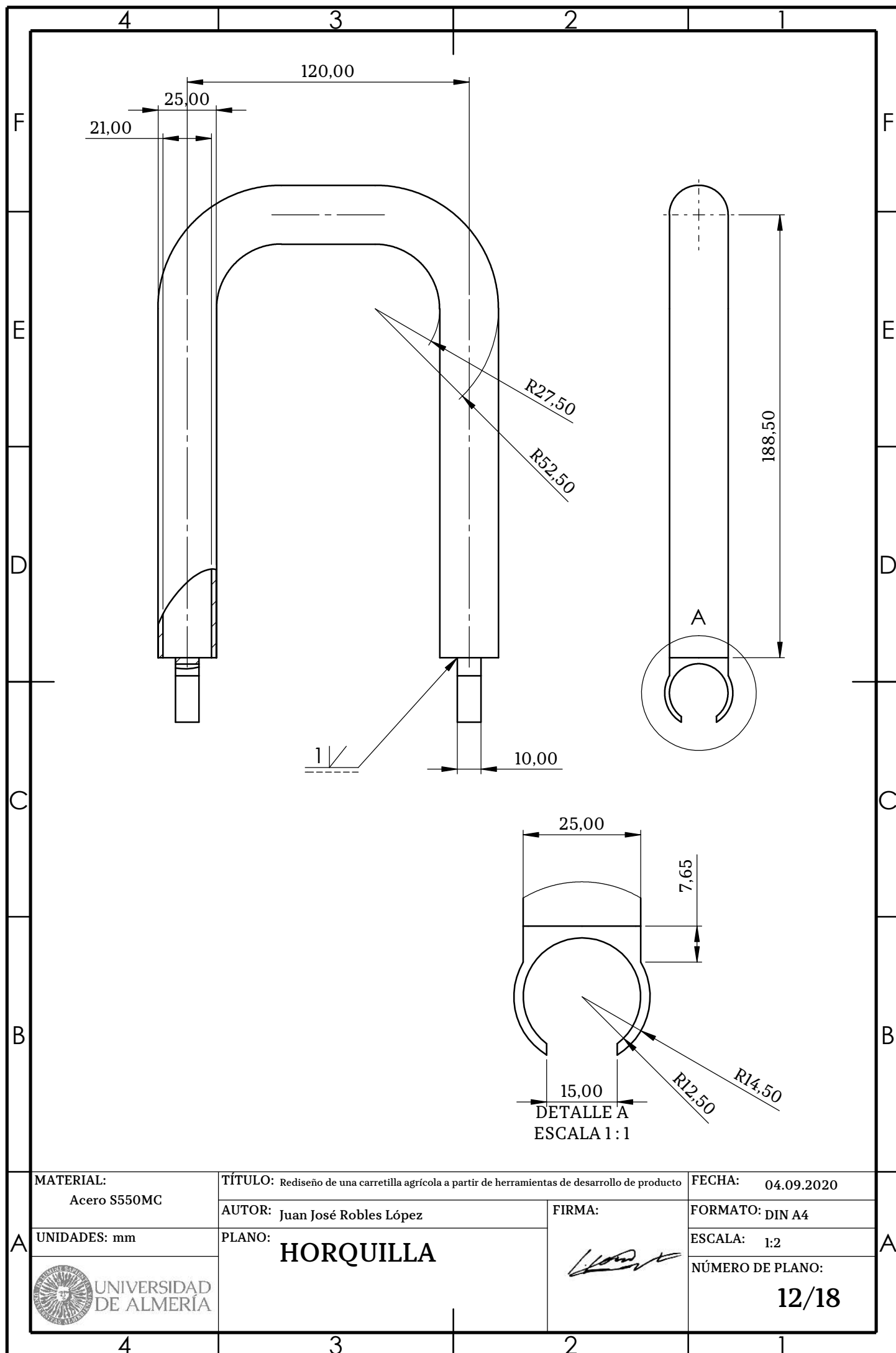
EJE RUEDA

[Handwritten signature]

NÚMERO DE PLANO:

10/18





MATERIAL:
Acero S550MC

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

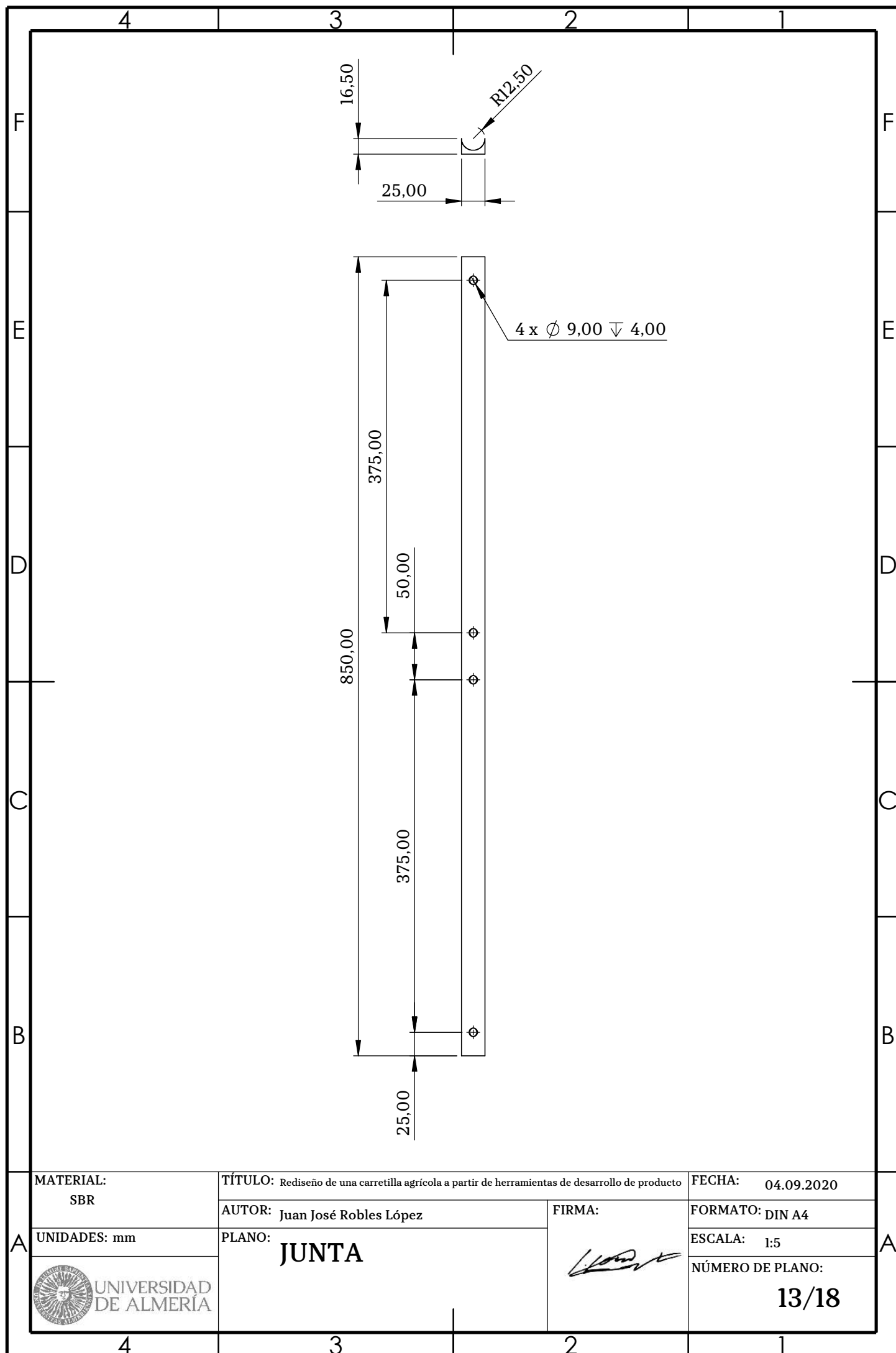
HORQUILLA

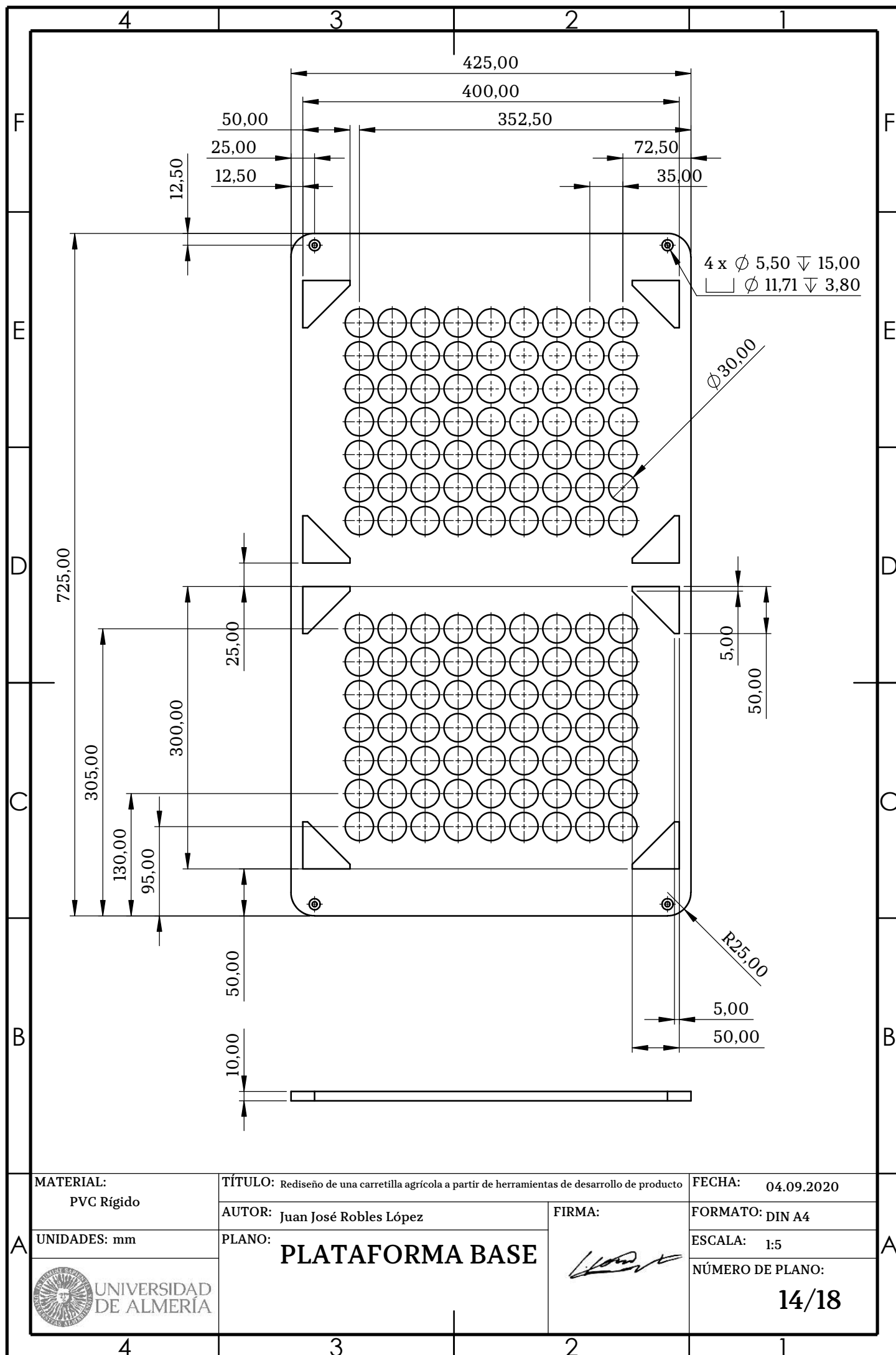
ESCALA: 1:2

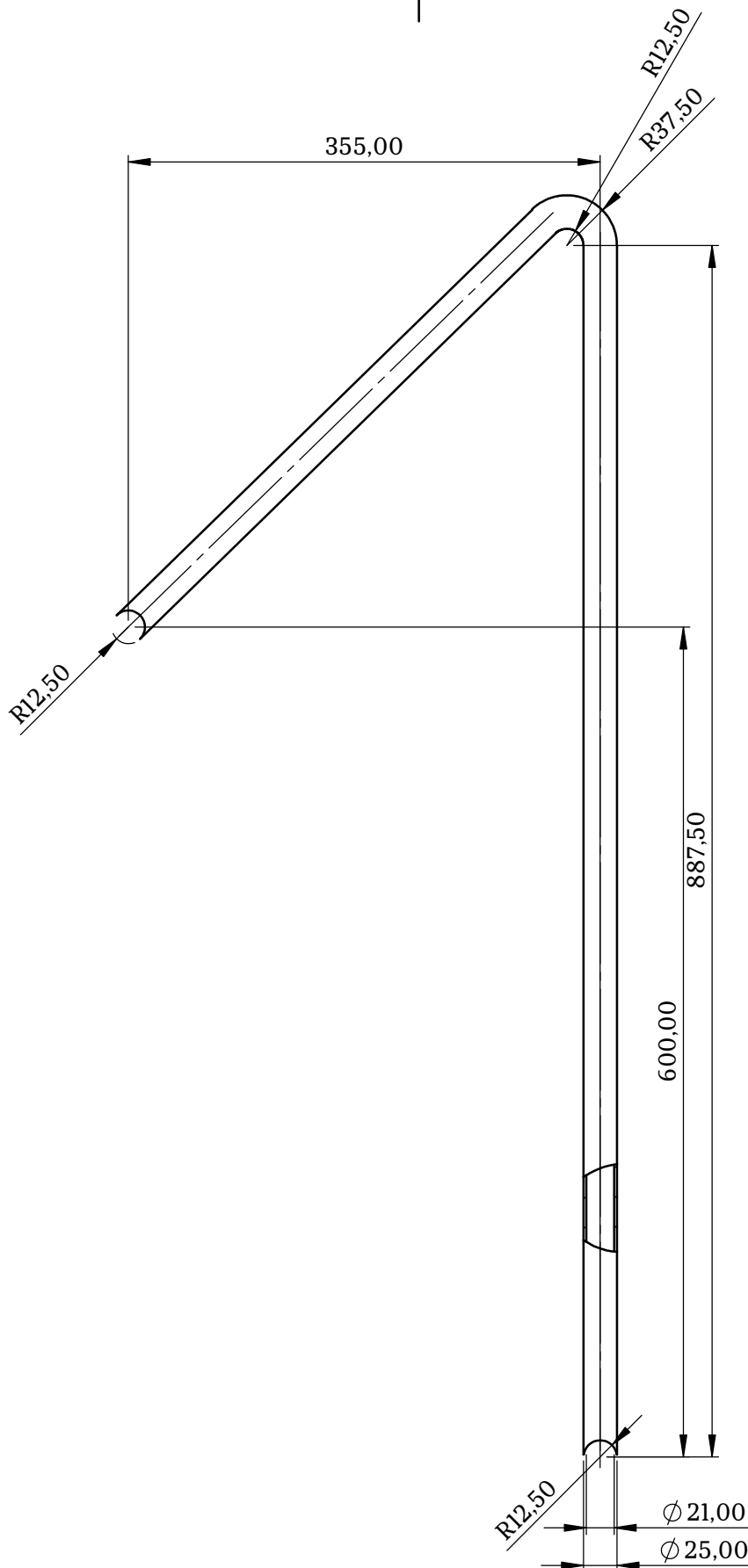
NÚMERO DE PLANO:

12/18









MATERIAL:
Acero S550MC

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

ESCALA: 1:5

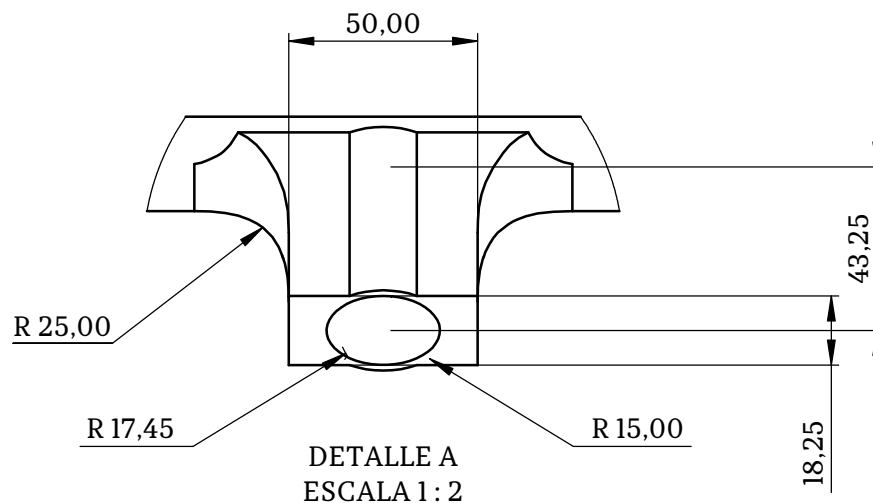
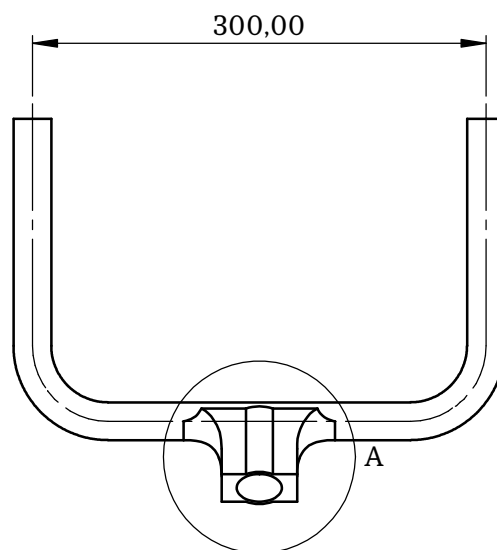
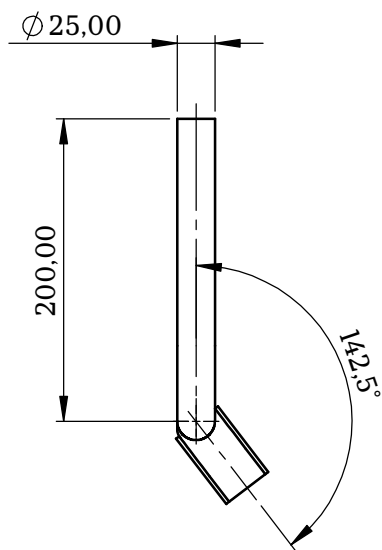
SOPORTE CENTRAL

NÚMERO DE PLANO:



[Signature]

15/18



MATERIAL:
PVC Rígido

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

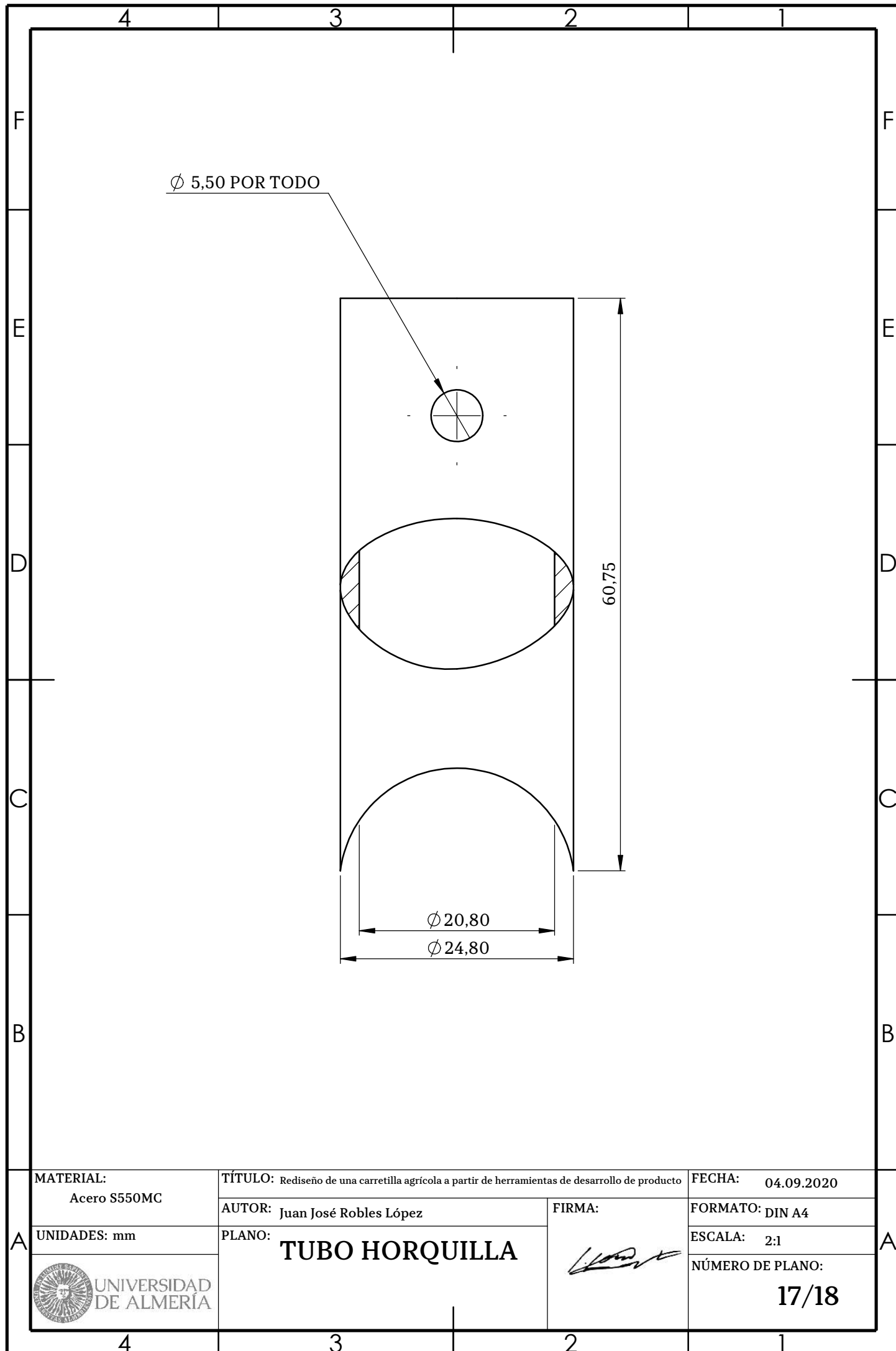
ESCALA: 1:5

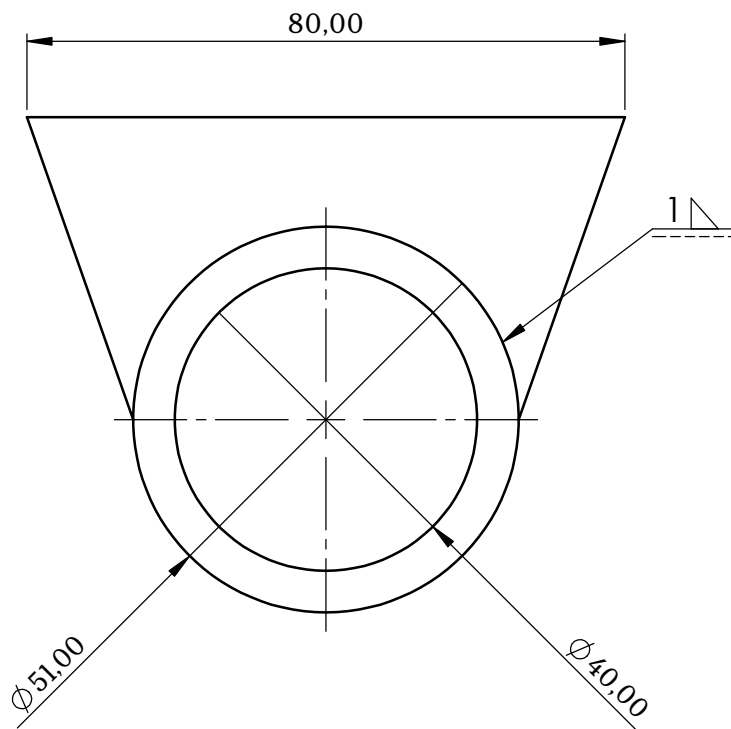
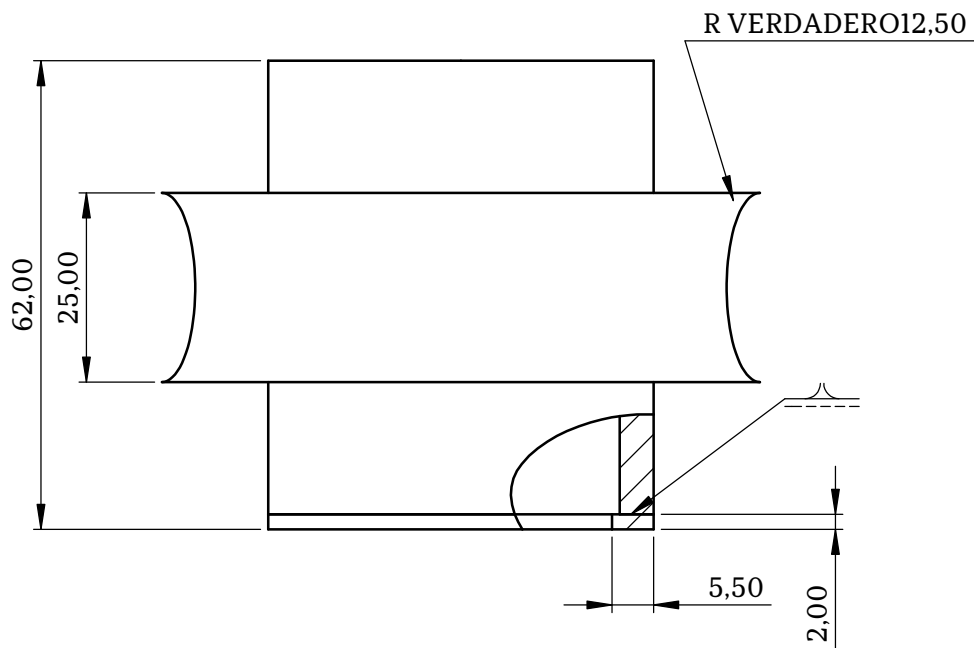


TIMÓN

NÚMERO DE PLANO:

16/18





MATERIAL:
Acero S550MC

TÍTULO: Rediseño de una carretilla agrícola a partir de herramientas de desarrollo de producto

FECHA: 04.09.2020

AUTOR: Juan José Robles López

FIRMA:

FORMATO: DIN A4

UNIDADES: mm

PLANO:

ESCALA: 1:1

ANCLAJE-POTENCIA

NÚMERO DE PLANO:

18/18



UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA



SOLICITUD DE REGISTRO DE DISEÑO INDUSTRIAL

| | |
|---|---------------------|
| (1) TIPO DE SOLICITUD | |
| <input checked="" type="checkbox"/> SOLICITUD DISEÑO MÚLTIPLE | NÚMERO DE DISEÑOS 1 |
| <input type="checkbox"/> SOLICITUD DIVISIONAL DE | FECHA |
| <input type="checkbox"/> CAMBIO DE MODALIDAD DE | FECHA |
| (2) PUBLICACIÓN | |
| APLAZAMIENTO | |
| <input checked="" type="checkbox"/> TODOS | |
| <input type="checkbox"/> NÚMERO DE DISEÑOS | |

| |
|---|
| NÚMERO SOLICITUD: |
| FECHA, HORA Y MINUTO DE PRESENTACIÓN EN O.E.P.M.: |
| LUGAR, FECHA, HORA Y MINUTO DE PRESENTACIÓN EN LUGAR DISTINTO O.E.P.M.: |

1. DATOS DEL SOLICITANTE

| | | | | | |
|--|--|--------------------------------------|-----------------|---|------|
| (3) SOLICITANTE: APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL | | NOMBRE | N.I.F. | CNAE | PYME |
| ROBLES LÓPEZ | | JUAN JOSÉ | 54102028W | 2562 | |
| <input type="checkbox"/> SIGUE EN PÁGINA ANEXA | | | | | |
| (4) LEGITIMACIÓN: ESTADO NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE | | ESTADO DE RESIDENCIA DEL SOLICITANTE | | ESTADO DE ESTABLECIMIENTO DEL SOLICITANTE | |
| ESPAÑA | | ESPAÑA | | ESPAÑA | |
| (5) DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE: CALLE, PLAZA, NÚMERO, PISO, ETC. | | CÓDIGO POSTAL Y LOCALIDAD | PROVINCIA | PAÍS | |
| LAS ERAS 14 | | 04760 (BERJA) | ALMERÍA | ESPAÑA | |
| (6) DIRECCIÓN NOTIFICACIONES: CALLE, PLAZA, NÚMERO, HSO, ETC. | | CÓDIGO POSTAL Y LOCALIDAD | PROVINCIA | PAÍS | |
| LAS ERAS 14 | | 04760 (BERJA) | ALMERÍA | ESPAÑA | |
| (7) DIRECCIÓN CORREO ELECTRÓNICO DEL SOLICITANTE | | Nº FAX | Nº TELÉFONO | INDICACIÓN DEL MEDIO DE NOTIFICACIÓN PREFERENTE | |
| JRL740@INLUMINE.UAL.ES | | | +34 654 811 401 | <input type="checkbox"/> CORREO <input checked="" type="checkbox"/> CORREO ELECTRÓNICO <input type="checkbox"/> FAX | |
| (8) INDICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DEL SOLICITANTE SITO EN EL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL LUGAR DE PRESENTACIÓN: | | | | | |
| UNIVERSIDAD DE ALMERIA CARRETERA SACRAMENTO S/N 04120 - LA CAÑADA DE SAN URBANO (ALMERÍA) | | | | | |

2. ÍNDICE DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN Y FIRMAS

| | | | |
|---|---|---------------------------------------|--------------------------------------|
| (9) ÍNDICE DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN: | | FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE | (10) NÚMERO DE PÁGINAS DE SOLICITUD: |
| <input checked="" type="checkbox"/> PODER DEL REPRESENTANTE | <input type="checkbox"/> CERTIFICADO PRIORIDAD UNIONISTA | | 4 |
| <input type="checkbox"/> JUSTIFICANTE PAGO TASA SOLICITUD | <input type="checkbox"/> TRADUCCIÓN CERTIFICADO DE PRIORIDAD | | |
| <input type="checkbox"/> JUSTIFICANTE PAGO TASA PRIORIDAD | <input type="checkbox"/> CERTIFICADO PRIORIDAD EXPOSICIÓN | FIRMA DEL FUNCIONARIO | CONFIRMACIÓN N° PÁGINAS FUNCIONARIO |
| <input checked="" type="checkbox"/> DATOS DEL DISEÑO | <input type="checkbox"/> TRADUCCIÓN CERTIFICADO P. EXPOSICIÓN | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL DISEÑO | <input type="checkbox"/> | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |



3. DATOS DEL REPRESENTANTE

| | | | |
|---|--|---|---|
| (11) REPRESENTACIÓN: | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> EL SOLICITANTE NO ESTÁ REPRESENTADO | <input type="checkbox"/> EL SOLICITANTE ESTÁ REPRESENTADO POR: | <input type="checkbox"/> AGENTE PROPIEDAD INDUSTRIAL | <input type="checkbox"/> EMPLEADO DE LA EMPRESA <input type="checkbox"/> OTRO REPRESENTANTE |
| (12) APELLIDOS DEL REPRESENTANTE (Y N° DE COLEGIADO, SI FUERA AGENTE DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL) | | NOMBRE | CÓD. AGENTE P.I./N.I.F. |
| | | | |
| (13) DIRECCIÓN DEL REPRESENTANTE: CALLE, PLAZA, NÚMERO, PIS/ETC | | CÓDIGO POSTAL Y LOCALIDAD | PROVINCIA PAÍS |
| | | | |
| (14) DIRECCIÓN CORREO ELECTRÓNICO DEL REPRESENTANTE | N° DE FAX | N° TELÉFONO | POSEE BUZÓN (CARPETA) OEPM |
| | | | <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |
| (15) INDICACIÓN DEL MEDIO DE NOTIFICACIÓN PREFERENTE | | | |
| <input type="checkbox"/> CORREO | <input type="checkbox"/> CORREO ELECTRÓNICO | <input type="checkbox"/> FAX | <input type="checkbox"/> BUZÓN (CARPETA) OEPM <input type="checkbox"/> BOPI |
| (16) INDICACIÓN DE LA SUCURSAL DEL REPRESENTANTE SITA EN EL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL LUGAR DE PRESENTACIÓN | | | |
| | | | |
| (17) ACREDITACIÓN DEL PODER DE REPRESENTACIÓN: | | | |
| <input type="checkbox"/> EL PODER SE APORTA CON ESTA SOLICITUD | <input checked="" type="checkbox"/> EL PODER SE APORTARÁ EN SU MOMENTO | <input type="checkbox"/> EL PODER OBRA EN EL EXPEDIENTE N°: | <input type="checkbox"/> REPRESENTANTE CON PODER GENERAL N° : |



Mod. 32011

IMPORTANTE: UTILICE UNA HOJA PARA CADA DISEÑO

☒ TODOS LOS DATOS SON LOS MISMOS PARA TODOS LOS DISEÑOS

NÚMERO DEL DISEÑO **1**

DEL TOTAL **1**

4. DATOS DEL DISEÑO

(18) INDICACIÓN DE LOS PRODUCTOS A LOS QUE SE INCORPORA O APLICA EL DISEÑO

| | | |
|--|---|--|
| RELACIÓN DE PRODUCTOS Carretilla agrícola con superficie hendida de PVC y sistema de dirección monorueda | <input checked="" type="checkbox"/> MISMA RELACIÓN PARA TODOS LOS DISEÑOS | CLASIFICACIÓN DE LOCARNO 12-02 |
| <input type="checkbox"/> MARQUE ESTA CASILLA EN CASO DE ORNAMENTACIÓN | | |

(19) REIVINDICACIÓN DE PRIORIDAD UNIONISTA

☒ PRIORIDAD IDÉNTICA PARA TODOS LOS DISEÑOS

| | | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| PAÍS U OFICINA PRESENTACIÓN 1ª SOLICITUD | FECHA DE LA 1ª SOLICITUD | NÚMERO DE LA 1ª SOLICITUD |
| ESPAÑA | 07/09/2020 | |

(20) REIVINDICACIÓN DE PRIORIDAD DE EXPOSICIÓN

☒ PRIORIDAD IDÉNTICA PARA TODOS LOS DISEÑOS

| | | |
|--|-----------------------------|--------------------------------|
| NOMBRE DE LA EXPOSICIÓN | FECHA DE LA 1ª PRESENTACIÓN | CIUDAD Y PAÍS DE LA EXPOSICIÓN |
| Carretilla agrícola con dirección | 07/09/2020 | |

(21) MENCIÓN DEL DISEÑADOR O EQUIPO DE DISEÑADORES

☒ MISMO DISEÑADOR PARA TODOS LOS DISEÑOS

☐ RENUNCIA MENCIÓN

NOMBRE DEL DISEÑADOR O EQUIPO DE DISEÑADORES

JUAN JOSÉ ROBLES LÓPEZ

(22) PUBLICACIÓN DEL DISEÑO

☐ PETICIÓN DE APLAZAMIENTO DE LA PUBLICACIÓN

(23) DESCRIPCIÓN (FACULTATIVA)

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN DEL DISEÑO

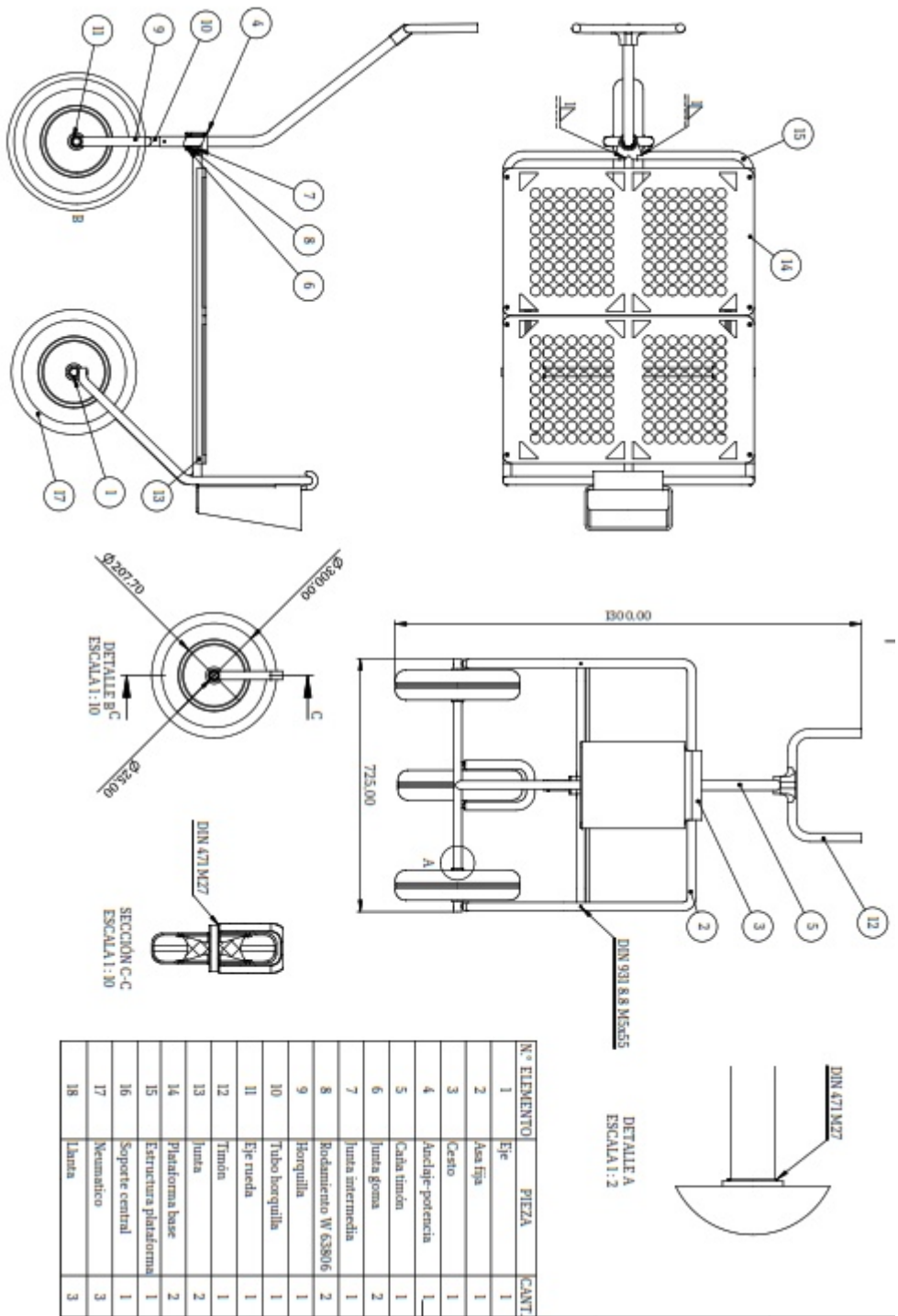
Se reivindica el diseño de una carretilla agrícola con las siguientes características:

1. Plataforma rectangular de PVC, perforada y con hendiduras que permiten encajar modelos de caja de recolección estandarizados (600x400 mm, 400x300 mm)
2. Sistema de dirección mediante timón y monorueda que giran gracias a un sistema de rodamientos inserto en un anclaje unido a la plataforma
3. Cesto retirable para almacenamiento temporal de desechos y material de trabajo



5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL DISEÑO

| Nº DISEÑO | DEL TOTAL | Nº PERSPECTIVAS | NOMBRE DEL SOLICITANTE Y DIRECCIÓN |
|-----------|-----------|-----------------|--|
| 1 | 1 | 3 | ROBLES LÓPEZ, JUAN JOSÉ / LAS ERAS 14, 04760 BERJA (ALMERÍA) |



SOLICITUD DE REGISTRO DE DISEÑO INDUSTRIAL

Los apartados enmarcados en rojo no deben rellenarse por el interesado, están reservados a la Oficina Española de Patentes y Marcas. Este impreso debe ser presentado sin doblar ni grapar sus hojas. Estas deberán numerarse en el margen inferior derecho correlativamente, indicando el número total de páginas.

(1) TIPO DE SOLICITUD

En el caso de que la solicitud presentada se refiera a más de un diseño márquese con una X la casilla de solicitud de diseño múltiple e indíquese el número de diseños incluidos (máximo 50 diseños).

Si la solicitud presentada fuere divisional de otra anterior márquese con una X la casilla correspondiente e indíquese el número del expediente anterior y su fecha de presentación.

Si la solicitud presentada fuera consecuencia de un cambio de modalidad márquese con una X la casilla correspondiente e indíquese el número del expediente originario y su fecha de presentación.

(2) PUBLICACIÓN

El solicitante, al presentar la solicitud de registro, podrá pedir que se aplaze la publicación del diseño, durante un plazo de 30 meses contados desde la fecha de presentación de la solicitud o desde la fecha de prioridad si se reivindica. En el caso de que la solicitud presentada contenga al menos un diseño cuya publicación desea aplazarse, márquese con una X la casilla correspondiente.

1. DATOS DEL SOLICITANTE

(3) SOLICITANTE: APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL

En el caso de ser el solicitante una persona física, indíquense los dos apellidos, el nombre y el número de NIF. Si se trata de una persona jurídica, indíquense la denominación social completa y el número de NIF. En el caso de personas físicas o jurídicas extranjeras igualmente indicarán su número de NIF y a falta de éste, el número de un documento identificativo.

Si existiera más de un solicitante, cada uno estará precedido de un número secuencial de orden. Si no dispusiera de suficiente espacio, podrá utilizarse una hoja anexa, en cuyo supuesto se señalará con una X la casilla "sigue en página anexa".

CNAE

Las personas jurídicas facilitarán los tres primeros dígitos de su CNAE (Real Decreto 1560/92, de 18 de diciembre).

PYME

Las personas jurídicas habrán de contestar con un dígito: [1] *Microempresa* (menos de 10 trabajadores), volumen anual de negocio inferior a 2 millones de euros. -o balance general anual inferior a 2 millones de euros.- [2] *Pequeña empresa* (similar a la microempresa, salvo entre 10 y 49 trabajadores). [3] *Mediana empresa* (entre 50 y 249 trabajadores, volumen anual de negocio inferior a 50 millones de euros. -o balance anual inferior a 43 millones de euros.- y criterio de independencia). [4] *La empresa no es PYME*. [5] *La persona jurídica no es empresa. Criterio de independencia*: no está participada en un 25% o más por empresas que no reúnan las características anteriores, salvo si éstas son empresas públicas de inversión, empresas de capital-riesgo o, siempre que no se ejerza control, inversores institucionales.

(4) LEGITIMACIÓN

Deberá indicarse el nombre del Estado correspondiente a la nacionalidad del solicitante, así como el nombre del Estado en el que tenga su residencia e igualmente el nombre del Estado donde el solicitante tenga un establecimiento real y efectivo.

(5) DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE

Se indicará la dirección completa del solicitante, consignando los datos completos de localización, así como el código postal de la localidad, provincia y país. Si fueren varios los solicitantes podrán utilizarse hojas anexas.

(6) DIRECCIÓN A EFECTOS DE NOTIFICACIONES

El solicitante podrá indicar en este apartado otra dirección postal distinta de la consignada en el apartado (5), a la que, en su caso, desee que le sean dirigidas las notificaciones por la Administración. Si la dirección del solicitante consignada en el apartado (5) se encontrara fuera del territorio español, deberá indicar obligatoriamente en este apartado una dirección en España a efectos de notificaciones, salvo que actúe por medio de representante con domicilio en España. Los no residentes en un Estado miembro de la Unión Europea deberán actuar, en todo caso, representados por Agente de la Propiedad Industrial.

Cuando sean varios los solicitantes, se especificará la dirección o medio de comunicación de uno de ellos a efectos de notificaciones. En este caso, al cumplimentar el apartado deberá consignarse en primer lugar, además de la dirección a efectos de notificaciones, el nombre del solicitante al que deban cursarse las notificaciones; de no hacerse así, las notificaciones se dirigirán al solicitante mencionado en primer lugar en la solicitud y a la dirección indicada por él.

(7) DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO DEL SOLICITANTE, FAX, TELÉFONO

El solicitante podrá facilitar una dirección de correo electrónico, número de fax y de teléfono, indicando además la forma preferente de notificación: correo, correo electrónico o fax.

(8) INDICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DEL SOLICITANTE SITO EN EL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL LUGAR DE PRESENTACIÓN

Cuando la solicitud se presente en una Comunidad Autónoma distinta de la del domicilio del solicitante, deberá indicarse el establecimiento industrial o comercial real y efectivo, que el solicitante posea en el territorio de la Comunidad Autónoma del lugar de presentación de la solicitud, consignándose en este caso el lugar de su enclavamiento. Esta indicación no será necesaria si el solicitante actúa por medio de representante y éste tuviera su domicilio o una sucursal real y efectiva en el territorio de la Comunidad Autónoma de presentación de la solicitud.

2. ÍNDICE DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN Y FIRMAS

(9) ÍNDICE DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN

Márquense con una X los recuadros correspondientes a los documentos que se acompañan. En el caso de aportación de documentos no previstos en este formulario, indíquense en los espacios en blanco.

El solicitante o, en su caso, su representante deberá firmar este formulario en el recuadro correspondiente.

(10) NÚMERO DE PÁGINAS DE LA SOLICITUD

Indíquese el número total de páginas utilizadas para la cumplimentación de este formulario, incluyendo en el cómputo las hojas anexas que, en su caso, se hubieren aportado.

3. DATOS DEL REPRESENTANTE

En el caso de que el representante sea un Agente de la Propiedad Industrial, bastará con indicar su nombre, apellidos y código de Agente si la solicitud se presenta directamente ante la OEPM. En el supuesto de que este formulario se presente ante el órgano competente de una Comunidad Autónoma, será preciso cumplimentar todos los datos relativos al representante, a efectos de notificaciones y determinación de competencia.

(11) REPRESENTACIÓN

Deberá indicarse si el solicitante actúa o no por medio de un representante. En caso afirmativo, se marcará con una X si el representante es Agente de la Propiedad Industrial, empleado de la empresa o tiene otro carácter.

(12) APELLIDOS DEL REPRESENTANTE

Si el solicitante actúa por medio de representante indíquense: los apellidos y nombre de éste; el código numérico solo en el caso de que el representante sea Agente de la Propiedad Industrial; el número de NIF en los demás casos de representación.

(13) DIRECCIÓN DEL REPRESENTANTE

Se indicará la dirección completa del representante, consignando los datos completos de localización, así como el código postal de la localidad, provincia y país.

(14) DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO DEL REPRESENTANTE, FAX, TELÉFONO

El representante podrá facilitar una dirección de correo electrónico, número de fax o de teléfono. Las indicaciones relativas a si el representante posee buzón o carpeta en la OEPM, deberán ser cumplimentadas únicamente por los representantes que sean Agentes de la Propiedad Industrial.

(15) INDICACIÓN DEL MEDIO DE NOTIFICACIÓN PREFERENTE

El representante deberá indicar la forma preferente de notificación: correo, correo electrónico, fax, buzón o carpeta en la OEPM (solamente para Agentes de la Propiedad Industrial) o mediante publicación en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (BOPI).

(16) INDICACIÓN DE LA SUCURSAL DEL REPRESENTANTE SITA EN EL TERRITORIO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL LUGAR DE PRESENTACIÓN

Si la solicitud se presenta en un órgano competente de una Comunidad Autónoma, deberá hacerse constar el lugar donde se encuentre la sucursal real y efectiva del representante en el territorio de la Comunidad Autónoma del lugar de presentación cuando ni la dirección del solicitante (5), ni la de su establecimiento (8), ni tampoco la

dirección del representante (13) se encuentren en el territorio de dicha Comunidad Autónoma.

(17) ACREDITACIÓN DEL PODER DE REPRESENTACIÓN

Indíquese si se aporta el poder de representación. En caso negativo, hágase constar si se aportará en un momento posterior o si ya figura aportado en otro expediente (identificando éste, indicando la modalidad registral y su número). Si se trata de un representante con poder general inscrito en la OEPM, deberá consignarse el número con el que este poder general se encuentra inscrito.

4. DATOS DEL DISEÑO

Es necesario utilizar una hoja para cada diseño, excepto cuando todos los datos sean los mismos para todos los diseños solicitados, en cuyo caso se señalará con una X la casilla correspondiente.

Indíquese en la casilla correspondiente el número del diseño y el total de diseños solicitados.

(18) INDICACIÓN DE LOS PRODUCTOS A LOS QUE SE INCORPORA O APLICA EL DISEÑO

Deberá indicarse la relación de productos para cada diseño solicitado. Si todos los diseños de una solicitud múltiple se incorporan o aplican a la misma relación de productos deberá señalarse con una X la casilla correspondiente.

Si la solicitud de diseño se refiere a una ornamentación, deberá señalarse con una X la casilla correspondiente.

Podrá indicarse el símbolo de la Clasificación de Locarno. Esta indicación no es obligatoria y en caso de solicitud múltiple los productos a los que se incorpora o aplica el diseño deben pertenecer a la misma clase, excepto cuando la solicitud se refiera a una ornamentación.

(19) REIVINDICACIÓN DE PRIORIDAD UNIONISTA

Si se reivindicara la prioridad de una o varias solicitudes anteriores, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 4 del Convenio de la Unión de París, el solicitante deberá indicar el país u oficina de presentación de la primera solicitud, la fecha de presentación y su número.

Si la prioridad reivindicada es idéntica para todos los diseños solicitados deberá señalarse con una X la casilla correspondiente.

(20) REIVINDICACIÓN DE PRIORIDAD DE EXPOSICIÓN

Si se reivindicara la prioridad derivada de una exposición oficial u oficialmente reconocida, deberán indicarse el nombre de la exposición, la fecha de la primera presentación del diseño y la ciudad y país donde tuvo lugar la exposición.

Si la prioridad reivindicada es idéntica para todos los diseños solicitados deberá señalarse con una X la casilla correspondiente.

(21) MENCIÓN DEL DISEÑADOR O EQUIPO DE DISEÑADORES

Deberá indicarse el nombre del diseñador o equipo de diseñadores. En el caso de que el diseñador o equipo de diseñadores renuncien a ser mencionados deberá señalarse con una X la casilla correspondiente.

Si el diseñador o equipo de diseñadores es el mismo para todos los diseños solicitados deberá señalarse con una X la casilla correspondiente.

(22) PUBLICACIÓN DEL DISEÑO

Si el solicitante desea que se aplaze la publicación del diseño solicitado deberá señalarse con una X la casilla correspondiente.

(23) DESCRIPCIÓN (FACULTATIVA)

La descripción del diseño no es obligatoria y, en su caso, solo se referirá a las características que aparecen en la representación del diseño.

5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL DISEÑO

En el encabezamiento deberá indicarse el número de diseño, el número total de diseños solicitados y el de perspectivas presentadas, así como el nombre y dirección del solicitante.

Para las representaciones gráficas podrán utilizarse una o varias hojas y aquéllas consistirán en una o varias reproducciones gráficas o fotográficas, en blanco y negro o en color, cuyas dimensiones no excederán de 26,2x17 cm., poseyendo el suficiente contraste y nitidez como para distinguir con precisión las características del objeto de la protección solicitada y permitir reducir o ampliar cada una de sus perspectivas a un tamaño que no exceda de 16x8 cm., para su adecuada inscripción y publicación.

La representación no podrá incluir expresiones o símbolos explicativos salvo la indicación "parte superior", si se estima necesaria.

La representación de cada diseño podrá comprender desde una hasta siete perspectivas o vistas diferentes del diseño solicitado, numerándose cada una de ellas con dos números árabes separados por un punto, de los cuales el primero corresponderá al diseño y el segundo a la perspectiva.

(A efectos meramente informativos. NO ADJUNTAR al presentar la solicitud)

Información sobre Protección de Datos

RESPONSABLE. Oficina Española de Patentes y Marcas, O.A. Paseo de la Castellana 75, 28071 MADRID. **FINALIDAD.** Tramitación del expediente y publicidad registral. **LEGITIMACIÓN.** Ley 39/2015 del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, Ley 24/2015 de Patentes y Ley 20/2003 de Protección Jurídica del Diseño Industrial. **DESTINATARIOS.** El nombre y apellidos, nacionalidad y dirección postal del solicitante y, en su caso, los de su representante, así como el nombre y apellidos del diseñador, se inscribirán en el Registro de Diseños y se publicarán en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial y en las bases de datos de la OEPM. Estos datos serán transferidos a las organizaciones internacionales competentes en materia de Propiedad Industrial. **DERECHOS.** Los derechos reconocidos por la legislación vigente en materia de Protección de Datos se podrán ejercitar a través del correo electrónico protecciondedatos@oepm.es. **INFORMACIÓN ADICIONAL.**

<https://www.oepm.es/es/protecciondatosDisenos.html>



En el presente Trabajo Fin de Grado se emplearán técnicas de Diseño Industrial y desarrollo de producto para efectuar el rediseño de una carretilla agrícola. Tras estudiar el contexto global y local del producto, se acudió al mercado para establecer una restricciones y metas que alcanzar durante el proceso, obteniendo datos concretos a través de una consulta a los clientes objetivo que sería analizada junto con las características inherentes al producto tratado utilizando la Metodología de Análisis del Valor. Esta permite conocer de un modo ecuánime las fortalezas y debilidades del modelo existente, y mediante su aplicación pormenorizada indicar al diseñador aquellas partes que es necesario modificar para obtener un producto con más valor añadido. A partir de estas sugerencias se elaboran una serie de prototipos que serán analizados siguiendo el mismo método, de modo que se obtiene una alternativa finalista que será modelada y simulada en una herramienta CAD-CAE. Como resultado final, y gracias a la ejecución de la Metodología de Análisis del Valor, se obtiene un prototipo detallado (selección de materiales, presupuesto y planos) de carretilla rediseñada que posee un valor añadido superior al modelo de partida.

In this End-of-Degree Project, Industrial Design and product development techniques will be used to redesign a harvest trolley. After studying the global and local context of the product, the market was taken into account in order to establish restrictions and goals to be achieved during the process, obtaining concrete data through a survey carried out to target customers that would be analyzed along with the inherent characteristics of the product treated using the Value Analysis Methodology. This allows us to know the strengths and weaknesses of the existing model in a fair way, and through its detailed application indicate to the designer those parts that need to be modified to obtain a product with more added value. Based on these suggestions, a series of prototypes are made which will be analyzed using the same method, so that a finalist alternative is obtained which will be modelled and simulated in a CAD-CAE software. As a result, and thanks to the execution of the Value Analysis Methodology, a detailed prototype (selection of materials, budget and plans) of a redesigned harvest trolley is obtained that has an added value greater than the initial model.